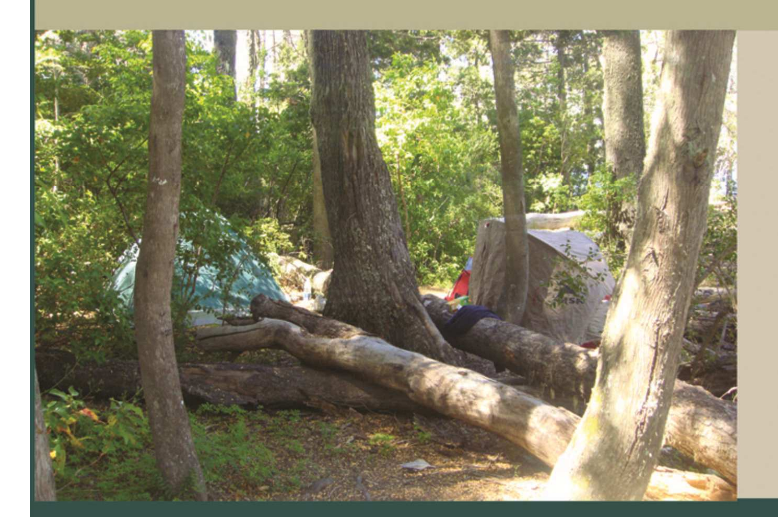




Evaluación de riesgo de caida de árboles en áreas recreativas

REGIÓN PATAGONIA



Luis Mario Chauchard



GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE CAÍDA DE ÁRBOLES EN ÁREAS RECREATIVAS

Región Patagónica

Luis Mario Chauchard

Delegación Regional Patagonia

Administración de Parques Nacionales

Revisores: Dr. Javier Puntieri, Dr. Javier Grosfeld y Lic. Claudio Chehébar

2016

ÍNDICE

Agradecimientos:

Al **Dr. Pablo Peri** de INTA Santa Cruz con amplia experiencia en investigación y manejo de ñirantales y lengales de esa provincia, quien colaboró con información sobre la dinámica de estos bosques y una especial mención al **Dr. Guillermo Martínez Pastur**, de CADIC-CONICET de Tierra del Fuego quien además del aporte de material, ha estado colaborando en los inicios de los trabajos de campo en el Parque Nacional de esa provincia cuando se comenzó a delinear una metodología formal de evaluación. Al Intendente **Gpque. Daniel Ramos** y personal del Parque Nacional Tierra del Fuego y a la Coordinadora Patagonia Austral **Lic. Laura Malmierca**, con quienes iniciamos las tareas de evaluación bajo un esquema ordenado y disparó la actual Guía, con especial mención a la **Lic. Emilce Gallo**, la **Lic. Guillermina Massaccesi** y el **Gpque. Pablo Kunzle**, quienes desarrollaron un intenso trabajo de campo en la evaluación de su área recreativa.

CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE CAÍDA DE ÁRBOLES EN ÁREAS RECREATIVAS

La presente Guía se ha estructurado en:

a) Una introducción con los fundamentos, objetivos, definiciones y conceptos importantes.

b) Un esquema de planificación general del **Área Recreativa (*AR*)** para englobar la clasificación de los árboles individualmente.

c) Una descripción de los **Criterios e Indicadores (*C&I*)** adoptados, con conceptos y alcances.

d) El método de valoración del árbol.

e) El sistema de puntuación o valoración del riesgo de colapso y la peligrosidad del árbol. Incluye aspectos importantes para la valoración final.

f) Una planilla de registro.

FUNDAMENTOS

Es frecuente que en importantes zonas boscosas de uso turístico el estado de los árboles genere un riesgo para las personas, la infraestructura, los bienes. En la última década ha habido un incremento de los visitantes a distintas áreas de interés turístico, por ello la situación relativa y el estado de los árboles en lugares de acampe, senderos, telesillas, entre otras, es motivo de una preocupación cada vez mayor. Ya existen varias experiencias de incidentes registrados en Áreas Protegidas (Parques Nacionales Lanín, Nahuel Huapi, Los Alerces y Tierra del Fuego) y fuera de ellas. Sin embargo, no se dispone hasta el momento de criterios organizados para poder realizar una evaluación objetiva del riesgo de colapso de los árboles y la peligrosidad y el monitoreo correspondiente, que permitan adoptar acciones efectivas para prevenir o minimizar los riesgos de incidentes en las áreas de uso.

Los encargados de las Áreas Recreativas (*AR*) tienen responsabilidades sobre la minimización de los riesgos de daños o heridas en aquellas áreas de recreación habilitadas, más allá del riesgo inherente que existe al estar o transitar en un área natural.

La evaluación de los riesgos de caída de los árboles y los peligros que ello conlleva debe ser una actividad integrante de la planificación de nuevas *AR*, de tal forma que se pueda evitar o disminuir dichos peligros, como así también evitar futuros apeos que puedan provocar una alteración significativa de los atractivos del área. Efectivamente la aptitud de las nuevas *AR* en áreas boscosas debe estar establecida considerando este factor de peligro, por ello es importante que la evaluación de los riesgos de caída sea parte de las evaluaciones de los impactos ambientales de los proyectos de usos de zonas boscosas.

OBJETIVOS

- Identificar una serie de criterios e indicadores que faciliten la evaluación del estado de un árbol particular y el riesgo de caída parcial o total del mismo.
- Desarrollar un método cuantitativo de evaluación de los riesgos de colapso de un árbol que ayude a clasificar y registrar el grado de peligrosidad que representa.
- Promover la minimización de los riesgos de incidentes en un *AR* a la vez de evitar volteos excesivos que perjudiquen el valor de recreación del área.

APLICACIÓN

A esta Guía se la considera apta para la evaluación de los riesgos de caída de árboles en zonas boscosas que se dedican a todo tipo de uso en las que se instalen viviendas y/o construcciones y/o se dediquen a recreación y deportes, como ser, áreas de acampe, caminos y senderos, áreas de atractivos, descanso, actividades deportivas (ejemplo, centros de deportes de inviernos o de carreras) y a loteos para viviendas (Parques Nacionales Lanín, Los Alerces, Ejido suburbanos de Ushuaia, San Martín de los Andes, Bariloche, etc.).

La Guía está orientada para técnicos cuyas profesiones estén atravesadas por la biología, ecología y medición de los bosques, de manera que puedan interpretar cabalmente conceptos vinculados a la estabilidad de los árboles y las incidencias de las afectaciones artificiales y naturales y los comportamientos de las variables climáticas. Así también, conocimientos en tecnología de la madera y climatología son importantes para la habilidad de evaluación. De manera que es recomendable que el responsable para coordinar las actividades de evaluación, sea un profesional, con un perfil adecuado a lo citado anteriormente y que posea capacitación y vaya adquiriendo experiencia en la evaluación.

CONCEPTOS, DEFINICIONES Y FACTORES

La estabilidad de un árbol puede estar determinada o afectada por su estado, localización, entorno y las actividades que se desarrollan en el lugar. Un árbol puede estar debilitado parcial o completamente y ello lo puede transformar en inestable y por ende en un peligro para las personas y los bienes.

> **Árbol Peligroso o de Riesgo (*ADR*)**: es aquel árbol que se encuentra debilitado por alguna/s causa/s o defecto/s que podría/n provocar su desmoronamiento total o parcial y causar daño a personas, infraestructura, vehículos, etc.

Los árboles en un Área Recreativa deben ser evaluados para determinar si ofrecen un peligro para las personas, los bienes y/o la infraestructura. Para la evaluación del riesgo de caída son esenciales los conocimientos sobre la **especie y sus características morfológicas, tecnológicas y de crecimiento**, las **características del sitio**, los comportamientos y los impactos de las **condiciones climáticas** locales y los tipos de **enfermedades y plagas** y los signos y síntomas que provocan. Esto implica que el técnico que realice la evaluación debe tener una capacitación y experiencia mínimas.

Si un árbol o parte de él ofrece un peligro para la actividad que se desarrolla en su entorno, entonces o bien el árbol o su parte deben removerse, y de no poder o no convenir la remoción, entonces la actividad debe ser relocalizada en una zona más segura.

Proceso recomendado para la zonificación de un *AR*, realizar las evaluaciones de los árboles y establecer las acciones recomendadas para los *ADR*.

Los pasos a seguir para la evaluación del riesgo de caída y el peligro potencial de los árboles de un *AR* son los siguientes:

1) **Mapeo del *AR***. Zonificar e identificar las distintas zonas de uso del *AR*, la infraestructura presente o prevista, la red de circulación y los tipos de vegetación. Los tipos de vegetación deben a la vez clasificarse según la/s especie/s y el estado (bosque maduro, joven, denso, abierto, afectado o degradado, etc.). Entre estos dos elementos de clasificación se infiere el potencial peligro de cada tipo de vegetación.

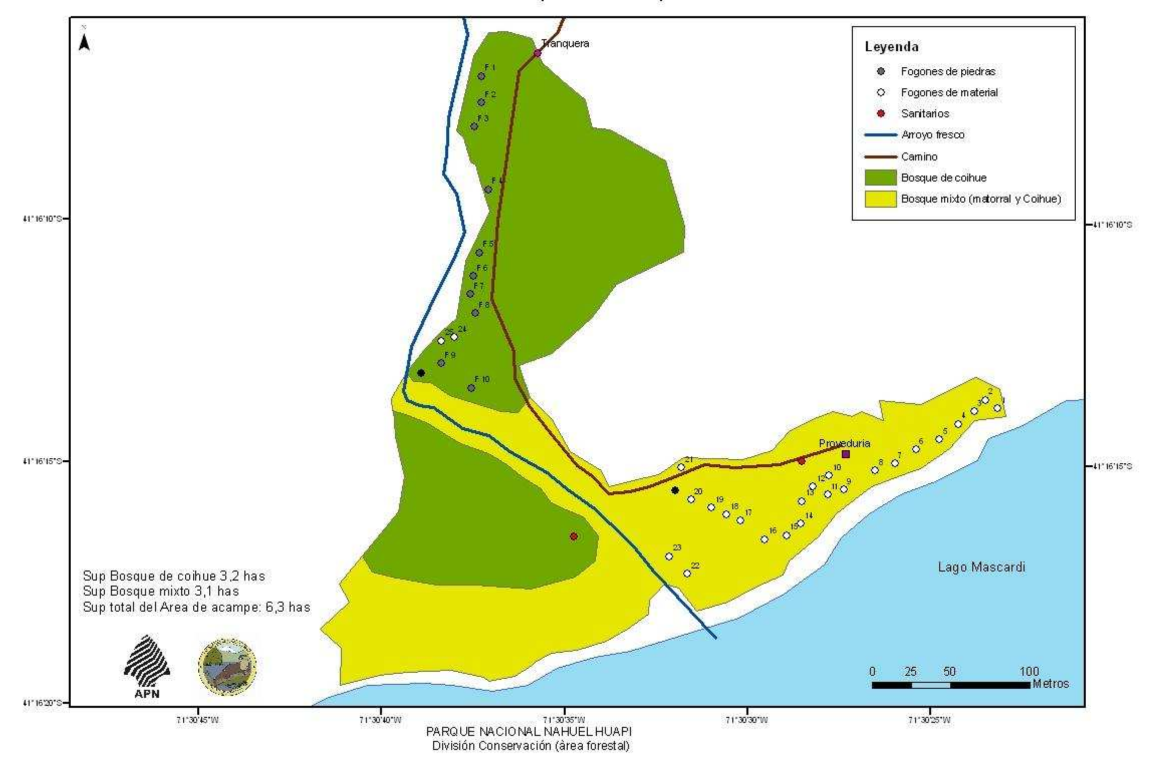


Figura 1: *Plano de un AR del Parque Nacional Nahuel Huapi. Superposición del tipo de vegetación con la infraestructura del área.*

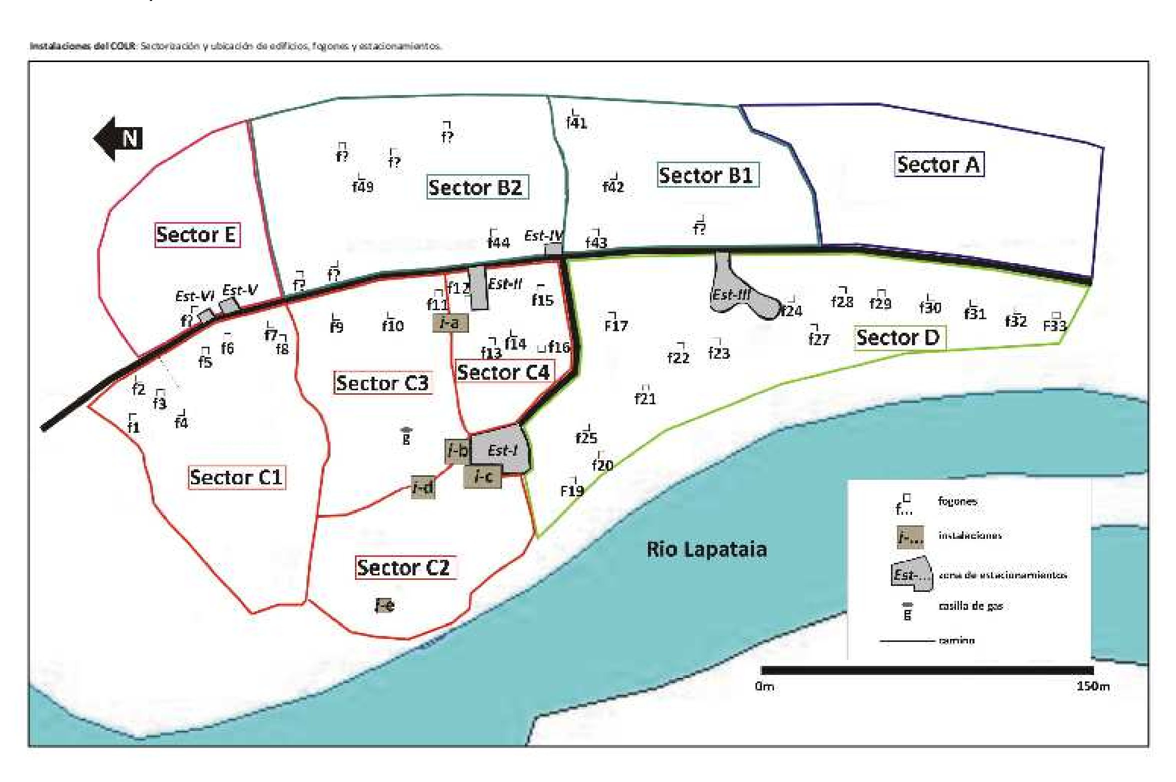


Figura 2a: *Planos del AR Camping Organizado Lago Roca, Parque Nacional Tierra del Fuego. Sectorización para evaluación del riesgo del área y el peligro según la infraestructura ofrecida.*

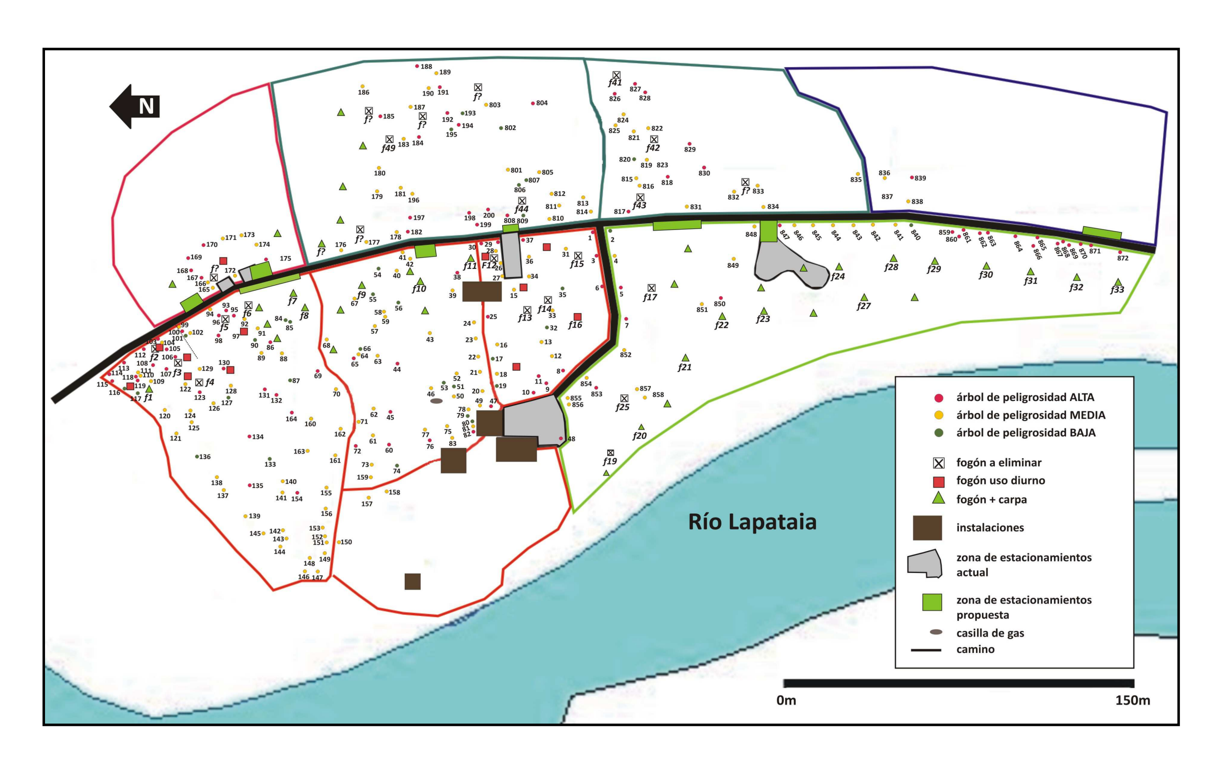


Figura 2b: *Planos del AR Camping Organizado Lago Roca, Parque Nacional Tierra del Fuego. Se presentan los árboles evaluados con los cuales se sectorizó el peligro*.

2) **Clasificación de las zonas por el riesgo de incidente** de acuerdo a las intensidades de uso. Se pueden establecer cuatro categorías de uso en zonas boscosas:

   a. Permanente: la constituye la infraestructura fija como vivienda, edificio, galpón, baño, casilla, etc. Ello se asocia a un mayor tiempo de permanencia de personas.

   b. Persistente: son sitios de estacionamiento transitorio de personas o vehículos como parcelas de acampe, mesa/fogón, estacionamiento vehicular, mirador, etc.

   c. Intermitente: son zonas de circulación como caminos, senderos, etc.

   d. Ocasional: son aquellas áreas que tienen baja frecuencia de uso.

En general, en las *AR* son bajas las chances de que la actividad promueva caídas totales o parciales; sin embargo debe prestarse mucha atención a la circulación de ómnibus y camiones, que en algunas de ellas son frecuentes y pueden provocar, por una cuestión de tamaño y peso, incidentes o debilitamientos en árboles cercanos a las zonas de circulación y estacionamiento (Ej. Ómnibus turístico en Camping Lago Roca en el Parque Nacional Tierra del Fuego o camión de recolección de residuos en *AR* del PN Los Alerces). Además, el mismo proceso de construcción de caminos o edificios puede promover caídas, daños o debilitamientos de los árboles cercanos (Ej. Club de Pescadores en PN Los Alerces).

> **Riesgo**: es la posibilidad o chance de que un evento ocurra; y **Peligro** es la capacidad del evento de causar daño y/o pérdida humana y/o material.
>
> **Blanco**: lo constituyen las personas, las estructuras u objetos o bienes que pueden ser afectados por el colapso de un *ADR*.

3) De la superposición de las actividades 1) y 2) anteriores, se definen las **áreas de Riesgo Alto, Medio y Bajo** de ocurrencia de un incidente por eventos de caídas. En las áreas de riesgo alto deben evaluarse todos los árboles, primero en forma expeditiva y preliminar, en función de la condición y estado que se aprecie a primera vista, de manera de discriminar aquellos árboles que serán evaluados en forma más detallada. Este grupo de árboles se evaluarán ahora por los Criterios e Indicadores que se detallan más adelante, con lo cual podremos discriminar de este grupo aquellos que denominaremos **Árboles de Riesgo (*ADR*),** y se les prestará especial atención, primordialmente por los peligros que ellos puedan representar, los cuales estarán además determinados por el tipo e intensidad del uso del lugar. Sería recomendable que la primera evaluación, preliminar, de todos los árboles del área de riesgo o peligro alto, sea realizada por personal entrenado, puesto que para realizar la misma no se usaría planilla de registro.

4) Determinar la acción de prevención en función de los usos y los peligros establecidos.

5) Para aquellos que sean calificados como ***ADR***, y se decida no apearse o podarse, debe definirse la **Zona de Peligro Individual** (***ZPI***) en función de la característica de su posible colapso y el peligro potencial que represente.

> **Zona de Peligro Individual (*ZPI*)**: es el área que podría ser afectada por la caída de un ***ADR*** o de alguna de sus partes. Ello incluye el riesgo de golpear en su caída a árboles vecinos y con ello causar otras caídas (efecto dominó o cascada).

CRITERIOS e INDICADORES (*C&I*) PARA EVALUAR EL RIESGO DE CAÍDA

Es esencial el conocimiento y la experiencia sobre los factores que actúan sobre el riesgo de caída de los árboles para poder evaluar lo más objetivamente posible la peligrosidad que representan. Estos factores naturales se pueden agrupar en:

- **Características de la especie:** conformación o tipología morfológica, temperamento y predisposición a ciertas afectaciones, cualidades tecnológicas de su madera, estrategias de crecimiento.
- **Características de los sitios del *AR*:** ubicación geográfica y topográfica, fisiografía, suelos, zonas anegables, exposición a factores climáticos, etc.
- **Condiciones climáticas locales:** comportamientos de vientos lluvias y nevadas, sus intensidades, frecuencias y orientaciones para el caso particular de los vientos. Valores mínimos (heladas, sequías), medios y máximos, frecuentes y extraordinarios con su periodicidad.
- **Patologías:** tipos, signos, síntomas y ciclos de enfermedades principalmente y plagas con impacto sobre la estabilidad del árbol, condiciones favorables y desfavorables, etc.

Y existe otro factor, no natural sino antrópico y que se puede medir como impacto o influencia sobre la mayoría de los factores naturales:

- **Actividades** que se desarrollan en el área, las mismas pueden en forma directa generar debilidades en los árboles (daños) o en forma indirecta potenciar algunos de los factores naturales (aperturas severas del dosel arbóreo).

Se han identificado los siguientes Criterios, los cuales están presentados en orden de menor a mayor importancia desde el punto de vista de la incidencia sobre el riesgo de colapso y el consecuente peligro que puede ofrecer:

1. **Criterio de Entorno y Ambiental**: factores físicos y ambientales relacionados con la ubicación del árbol de una especie determinada en la topografía, el suelo que lo sostiene y la exposición a los factores climáticos principales.
2. **Criterio de Forma del Árbol**: morfología del árbol, considerando la copa, el tronco y la raíz, así también la edad o fase de desarrollo en la que se encuentra el árbol y su estatus de competencia frente a los vecinos. Los tamaños o dimensiones se incluyen aquí.
3. **Criterio de Estado/Defectos del Árbol**: situación de fortaleza o debilidad de la raíz, el tronco y la copa.

Criterio 1: de Entorno y Ambiente

<u>Factor</u>: Suelo.

<u>Indicador 1.1</u>: **Profundidad**: se refiere al espacio del que dispone el árbol para desarrollar su sistema radicular, lo cual determinará la fortaleza del anclaje. Esto es importante analizarlo relacionando las características particular/es de la/s especie/s consideradas y los suelos típicos en los cuales crece/n. Cuando hay impedimentos para el desarrollo radicular normal, la especie tiene menor crecimiento en altura. El análisis debe centrarse en si el anclaje del árbol es forzado a ser más superficial que lo normal y con ello aumentar el riesgo de caída por inestabilidad.

a) ***Normal***: las raíces no tienen impedimento para expandirse según la biología y adaptación de la especie considerada.

b) ***Limitada o Superficial***: aparece o se vislumbra algún impedimento para el normal desarrollo de las raíces de la especie analizada.

Factor: Topografía.

Indicador 1.2: **Grado de la pendiente**: Es la magnitud de la inclinación del terreno en el cual está asentado el árbol. La susceptibilidad del árbol o riesgo de caída podría aumentar con el aumento de la pendiente, pero en ello juega un papel importante el entorno del árbol (estructura, vecindad), el tamaño y estado del mismo, incluyendo su anclaje y su exposición a los factores climáticos. Por ello, en los casos ubicados en pendientes moderadas y fuertes se debe indicar además si dicha área está sometida a la influencia de los vientos dominantes.

a) Terreno plano o con pendiente ***leve***: hasta 10%.

b) Pendiente ***moderada***: hasta 20%.

c) Pendiente ***fuerte***: > 20%.

Factor: Contención y Exposición a los factores del clima.

Indicador 1.3: Vecindad y Exposición a los vientos/nevadas.

Se debe analizar principalmente el grado de exposición a los vientos intensos y para ello se debe considerar:

Vientos dominantes e intensidades y localización topográfica: deben conocerse las frecuencias de vientos fuertes, sus orientaciones más frecuentes (dominantes y usuales). La ubicación relativa del área en la topografía del entorno puede acrecentar o menguar la severidad e intensidad con que los vientos impactan en el mismo. Así en una región con vientos dominantes fuertes con determinada orientación, el área recreativa puede estar protegida por ciertos accidentes topográficos (Camping Remu Lafquen en el PN Nahuel Huapi) o por el contrario, encontrarse en un sitio cuya topografía general genera una aceleración, o severidad del viento, sometiendo al sector a mayores intensidades y turbulencias (San Martín de los Andes, costa Este del Lago Lácar).

Cercanía de los árboles vecinos: infiere el grado de soporte o contención del árbol con sus vecinos o una idea de la exposición a los factores del clima y ello determinará el **Grado de competencia de copa y raíz y la arquitectura del árbol**: La competencia originada entre las raíces y entre las copas de árboles vecinos por los recursos disponibles, determinan su arquitectura final y su vigor. De manera que la ausencia de competencia en algunos de los laterales de un árbol podría provocar expansiones de la copa y la raíz en ese sentido y estar más expuesta a los vientos.

La situación de competencia de la copa en relación a sus árboles vecinos puede ser:

a) ***Completa***: están la copa y la raíz en contacto o muy cercanas a las de sus vecinos en todos sus flancos.

b) ***Parcial***: la mitad de los flancos de la copa y la raíz están en contacto o muy cercanos a los vecinos, quedando sin competencia de vecinos el resto.

c) ***Árbol libre*** de competencia.

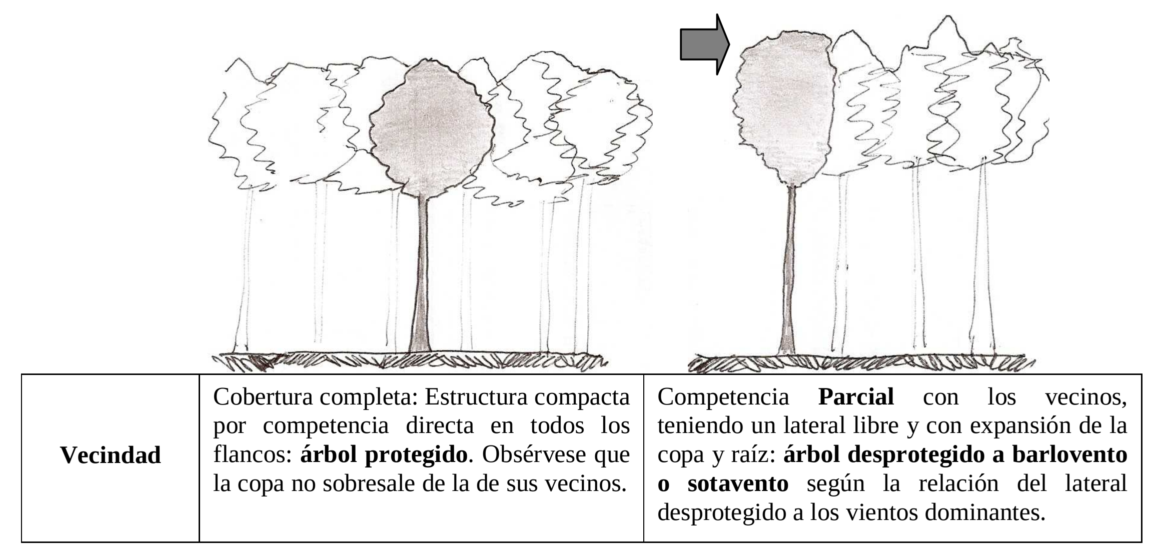


Foto 3: *Cobertura* ***completa****, las copas de los árboles se tocan en todos los laterales y no sobresalen de sus vecinos (árboles de similares tamaños).*

Puede haber ocasiones en que la limitación a la expansión de la raíz se deba a algún impedimento relacionado con el suelo, como

puede ser el caso de presencia de piedras u otro obstáculo.

Para todos los casos de competencia entre las raíces y las consecuencias en su arquitectura y en el equilibrio de la planta no se han encontrado estudios que ayuden al entendimiento y a la evaluación de la estabilidad de un árbol.



Vecindad	Cobertura completa: Estructura compacta por competencia directa en todos los flancos: **árbol protegido**. Obsérvese que la copa no sobresale de la de sus vecinos.	Competencia **Parcial** con los vecinos, teniendo un lateral libre y con expansión de la copa y raíz: **árbol desprotegido a barlovento o sotavento** según la relación del lateral desprotegido a los vientos dominantes.

Figura 4: *El primer árbol (izq.) se encuentra integrando una estructura compacta, mientras que el segundo (der.) se encuentra completamente libre de competencia de un lateral promoviendo un mayor desarrollo de la copa y la raíz en ese sentido.*

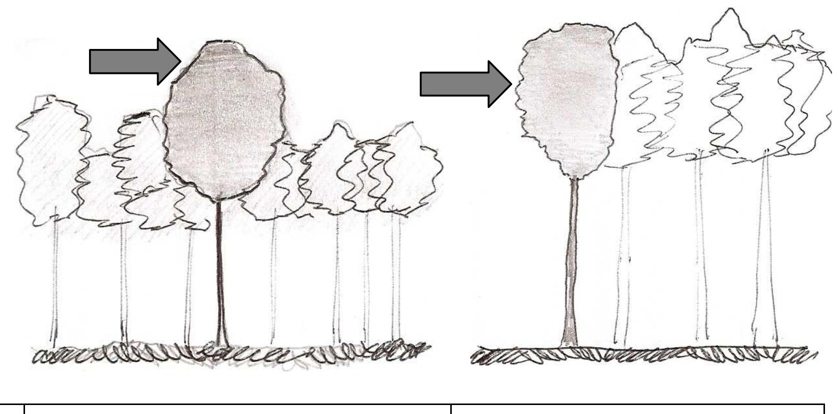
Exposición a los vientos: en función de lo expuesto este Indicador infiere principalmente el grado de sometimiento del árbol a los vientos. Hay dos elementos particularmente importantes para analizar, uno son los vientos dominantes y sus intensidades máximas y aquellos eventos particularmente severos que se puedan dar en la región, aunque éstos ocurran con una recurrencia de varios años; el otro elemento es la forma en la que impacta sobre el área y el árbol, en particular el viento. La forma y severidad que el factor climático impacte en un lugar dado estará influenciado por la ubicación relativa del sitio en la topografía del entorno. Efectivamente, según la fisiografía que debe atravesar el viento antes de impactar sobre el *AR* y el árbol, éste puede sufrir una aceleración e inclusive generar vórtices, que según sus características suelen promover colapsos. Esta presión se ejerce primordialmente sobre la copa, por ello es importante a partir del estado del árbol y su entorno analizar cómo se produce la presión sobre la copa y la capacidad final del árbol para resistirla.

Este Indicador se clasifica según las siguientes características:

a) ***Expuesto***: recibe directamente, de lleno, los vientos en todos o casi todos sus flancos.

b) ***Parcial***: soporta parcialmente los vientos directos por cierta protección que tiene, principalmente por las copas de los árboles vecinos. Esta exposición parcial puede ser en sentido de los vientos dominantes (**barlovento**) o en sentido opuesto (**sotavento**) (Fig. 6).

b) ***Protegido***: no recibe directamente o de lleno la presión de los vientos dominantes.



Exposición al viento	**Parcial**mente expuesto a los vientos dominantes. Barlovento.	**Expuesto** a los vientos dominantes. Barlovento.

Figura 5: *El primer árbol se encuentra sobrepasando el dosel de copas recibiendo la presión de los vientos dominantes, mientras que el segundo se encuentra completamente expuesto a los vientos dominantes. Sin embargo, para la clasificación consideramos a ambos árboles PARCIALmente expuestos a barlovento, es decir a los vientos dominantes.*



Figura 6: *La dinámica de los vientos es importante conocerla para comprender el impacto sobre las copas que reciben la presión de los mismos.*



Exposición a la nieve: el desarrollo y forma de la copa pueden aumentar la susceptibilidad del árbol a cargar una cantidad de nieve tal que pueda generar o acrecentar debilitamientos por sobrepeso y promover la caída total o parcial. Durante el invierno, en los lugares de residencia o que se lleven a cabo eventos deportivos, como los centros de ski cuyos circuitos atraviesan bosques, se debe estar atento en nevadas intensas, inclusive en aquellas áreas en las cuales no hay personas, pero hay infraestructura. Tener en cuenta que algunos colapsos pueden ocurrir durante el proceso, pero otros pueden ocurrir en otro momento posterior, producto del debilitamiento provocado por el evento. La excesiva

carga de nieve puede dañar al árbol o ir profundizando alguna debilidad en forma progresiva, afectando su estabilidad futura. En estas situaciones el colapso podría producirse en cualquier otra época del año e inclusive en un día sereno.

La suposición o certeza de que la forma y tamaño de la copa pueden favorecer la acumulación de nieve y con ello la presión sobre tronco y ramas, se valora aquí, y tiene vinculación con el indicador de tamaño de la copa.

Criterio 2: Forma del árbol

> **Nota**: los Indicadores de forma no tienen el propósito de hacer una evaluación morfológica rigurosa del árbol, sino de analizar las susceptibilidades que las formas pueden tener sobre la estabilidad. Ello implica, que la valoración no es estricta y puede estar inducida por la percepción del evaluador sobre la incidencia de un determinado factor de la forma sobre la debilidad del árbol.

Factor: fase de desarrollo.

Indicador 2.1: **Grado de madurez**: a medida que los árboles crecen van aumentando sus dimensiones y con la sobre-madurez del árbol, aumenta su susceptibilidad a roturas o caídas, producto del debilitamiento por avance, principalmente, de las enfermedades que ocasionan las podredumbres. Ello genera debilidades en el tronco y las ramas gruesas, las que pasado cierto grado de severidad, dejan al árbol más susceptible a roturas o caídas por presión de otros factores como el viento, la lluvia, el hielo o la nieve.

La pudrición de tronco y ramas en *Nothofagus* puede iniciarse en etapas juveniles por heridas o ramitas muertas, que permiten la entrada de los patógenos, sin embargo la peligrosidad de estas plantas afectadas se haría efectiva en etapas posteriores de madurez y sobre-madurez. Además al alcanzar estas etapas avanzadas, estos árboles pueden tener grandes portes y con marcadas irregularidades en las expansiones de la copa y la raíz, situación que los puede hacer más susceptibles al colapso de las partes enfermas.

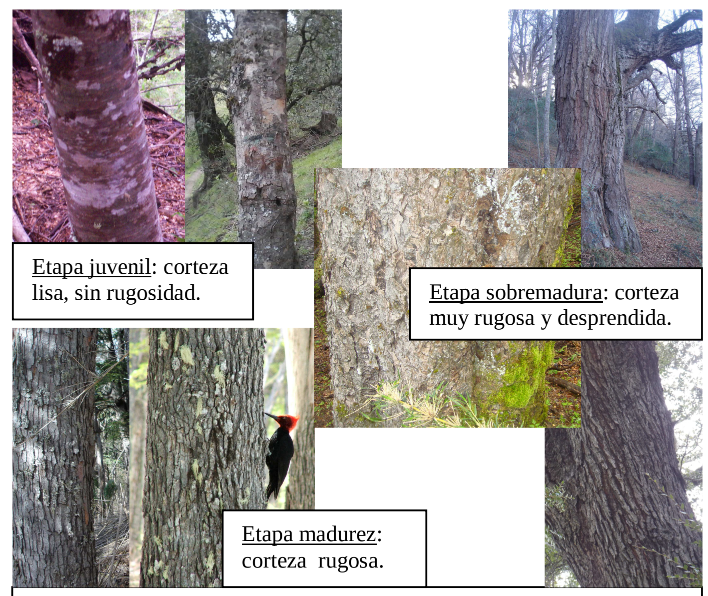


Foto 7: *Árboles de roble, coihue y raulí de diferentes edades, cuyas cortezas cambian a medida que avanzan en el desarrollo (Sbrancia –López Bernal –Chauchard).*

Para la clasificación de la fase de desarrollo se puede emplear el diámetro a la altura del pecho o a 1,3 m desde el suelo (*dap*) como referencia al tamaño y edad del árbol, y para facilitarla se suelen establecer rangos de *dap* que se vinculan a dichas fases de desarrollo. Estos rangos de diámetros deben adaptarse a cada especie (Tabla 1) y estarán influenciados por la calidad del sitio: a mejor calidad de sitio, mayores son los diámetros que pueden alcanzar los árboles en cada fase de desarrollo. Hay también una característica morfológica del árbol que permite a simple vista aproximar la fase de desarrollo en la que se encuentra y es la

rugosidad de la corteza. Así, un árbol juvenil tendrá una corteza con aspecto liso y sin rugosidad y cuando comienza a entrar a la madurez comienza a adquirir un aspecto rugoso, se van marcando placas de forma característica de la especie y cuando está en una etapa avanzada de edad esa rugosidad es más marcada y profunda y las escamas o placas tienen un aspecto como de desprendimiento en sus extremos (Foto 7).

Tabla 1: *Valores de diámetros (dap) de referencia recomendados para asignarle al árbol una fase de desarrollo.*

Fase desarrollo	Ciprés/Lenga	Ñire	Otros *Nothofagus**
Renoval	< 10 cm	< 7 cm	< 10 cm
Juvenil/Inmaduro	10 – 25 cm	7 – 20 cm	10 – 35 cm
Maduro	25 – 50 cm	20 – 35 cm	30 – 60 cm
Sobre-maduro	> 50 cm	> 35 cm	> 70 cm

* Raulí, *Nothofagus nervosa y* roble pellín, *N. obliqua*.

Factor: Posición sociológica.

Indicador 2.2: **Grado de dominancia**: el grado de competencia a lo largo de la vida del árbol va influyendo en su tamaño relativo, arquitectura y vigor. De manera que para una determinada generación de árboles, creciendo en un sector dado, el dominante será el de mayor tamaño y vigor, comparado a sus vecinos; sin embargo con un elevado número de árboles, la igualdad de condiciones y tamaños de los árboles puede dificultar establecer claramente la dominancia de unos sobre otros. Estas condiciones de crecimiento podrían generar ciertas irregularidades en la arquitectura de algunos árboles, básicamente en raíz y copa (copas aplanadas, irregulares, etc.) y promover relaciones entre las dimensiones de las partes del árbol que podrían traer algunos inconvenientes de estabilidad en la madurez (Ver Indicador 2.8).

La siguiente clasificación es para especies heliófilas, es decir que requieren luz para sobrevivir, como es el caso de nuestras especies patagónicas.

a) ***Árbol libre de competencia***: Al menos el 80 % de los laterales o perímetro de la proyección de la copa no tiene competencia con vecinos que puedan condicionar su crecimiento. La copa cubre gran parte del tronco (ver Indicador tamaño de copa). Es importante resaltar que este tipo de árbol ha crecido toda su vida o gran parte de ella sin competencia de vecinos (Foto 8). Sin embargo, no debe confundirse con un árbol que, creciendo en competencia, de repente por alguna causa queda libre de competencia al desaparecer sus vecinos y competidores. En esta situación, el árbol liberado es relativamente más inestable que el árbol libre.

b) ***Árbol dominante***: respecto del tamaño relativo y su altura en relación a los vecinos linderos con cuyas copas están en contacto o muy cercanas. La dominancia provoca que su tamaño relativo sea mayor en relación a los de los vecinos. En general, la copa se extiende en 1/3 o más a lo largo del tronco, dependiendo de la densidad del bosque (número de árboles).

b) ***Árbol intermedio***: copa pequeña a mediana que puede estar comprimida lateralmente y se localiza en el estrato superior de altura. La parte superior recibe luz directa. En general, la copa cubre menos de 1/3 de la altura.

c) ***Árbol oprimido o suprimido***: copa pequeña y poco vigorosa ubicada en un estrato inferior de la altura del dosel dominante, sin recibir luz directa o muy poca. La copa posee poca densidad de follaje. Son árboles candidatos a morir en un plazo relativamente corto.



Foto 8: *Árboles de ciprés de la cordillera con crecimientos libres históricos, lo que les ha conferido adaptación para resistir a los factores climáticos (Hernández Otaño).*

Las posibilidades de colapso de estas clases de árboles variarán en función de la estructura actual e histórica del bosque que los contiene. Como ejemplo, un árbol libre está completamente expuesto a factores del clima como viento y nieve, sin embargo si así ha crecido a lo largo de su vida su conformación estará bien adaptada a resistir tal situación, a menos que presente alguna debilidad estructural. Árboles como éstos son los que se aprecian en bordes de lagos o áreas abiertas (Foto 8).

A la vez, un caso particularmente importante se da con el árbol intermedio (Foto 9), cuya esbeltez lo transforma en un árbol poco estable (Ver Índice de Estabilidad, Fig. 14), aunque su grado de riesgo dependerá de la compacidad (densidad y cercanía) del bosque que lo contiene. Efectivamente en bosques cerrados, los árboles se contienen unos a otros y ello les confiere cierta estabilidad grupal (Foto 9 izquierda), sin embargo, si por alguna causa antrópica o natural un individuo queda desprotegido, éste perderá esa ventaja y podrá aumentar el riesgo de caída, total o parcial; en ello influirá además el resto de la condiciones del mismo (Foto 9, derecha). Este ejemplo señala lo importante que es en la evaluación considerar si hubo cambios estructurales recientes en el entorno del árbol.



Foto 9: *Árboles de lenga y ciprés de la cordillera con posiciones intermedias, el de la izquierda contenida en una estructura compacta, mientras que los restantes expuestos a las condiciones climáticas y con baja estabilidad dada la pérdida de los árboles vecinos. (Chauchard y Hernández Otaño).*

En un árbol intermedio que queda expuesto, una copa compacta y elevada influirá en la recepción de los vientos y la consecuente presión sobre ramas y tronco, pudiendo provocar más frecuentes movimientos de oscilaciones, principalmente del tronco (Ver Foto 9 derecha y Fig. 14). A mayor presión sobre una copa extrema, el estado de raíz y tronco, básicamente, jugarán un rol importante en la posibilidad de colapso por descalce o rotura, esta situación se repite para ramas largas con copa en su extremo

De todas maneras, se ha observado en la foliación de primavera, que dos árboles de roble vecinos de similares tamaños (y dominantes), pero uno sin hojas todavía y el otro ya con cierto follaje, al estar sometidos a viento, ambos tuvieron similares movimientos de sus troncos y ramas (copas). Siempre la presión del viento, en términos generales, se trasladará al tronco, pudiendo actuar el follaje cuando está presente, como un regulador de la presión sobre el mismo. Sin embargo, podría darse que en árboles con copas abiertas o poco densas el viento actúe más intensamente sobre las ramas de la copa, aumentando el riesgo de rotura de alguna de ellas en el caso de presentar alguna debilidad.

Indicador 2.3: **Tamaño de la copa**: El tamaño de la copa será producto de la edad y el grado de competencia a la que ha sido sometido el árbol a lo largo de su vida, de manera que está vinculado a indicador anterior. Ello puede originar que el calificativo de copa “grande” o “pequeña” sea relativo a justamente, su edad y la cercanía con las de los vecinos (Fotos 8, 9, 10). Debe pensarse este concepto en relación a su influencia sobre la estabilidad del individuo. A los fines prácticos el técnico deberá considerar que a partir de ciertas dimensiones todas las copas serán grandes y con el mismo sentido saber que a mayor tamaño absoluto de una copa, mayor peso deberá soportar el tronco y más presión sobre ella ejercerán el viento, la lluvia, el hielo y la nieve, y dicha presión se trasladará al tronco y anclaje de la raíz. Analizado en el contexto del resto de los indicadores, cuanto más grande es la copa, se puede favorecer o no la desestabilización del árbol o parte de él, y en ello incidirán factores como la arquitectura y dimensiones, el estado y el entorno de la copa. En el caso particular de la nieve, además del tamaño, la forma particular de la copa puede hacerla más susceptible a la acumulación de nieve (especie de copa alargada o piramidal versus especie de copa globosa), como así también la disposición de algunas ramas de su copa. Como contrapartida debe conocerse que la madera de los troncos tiene una muy alta capacidad para soportar pesos superiores.



Foto 10: *Árbol dominante de copa equilibrada que permite suponer una distribución radicular homogénea. (Chauchard)*

Una referencia para establecer el tamaño de la copa, puede ser en cuánto se extiende la copa a lo largo de su altura, sin embargo, también debe tenerse presente en la evaluación, la expansión lateral. De manera que la morfología típica de la copa de la especie debe considerarse para esta clasificación. Lo siguiente puede guiar la clasificación:

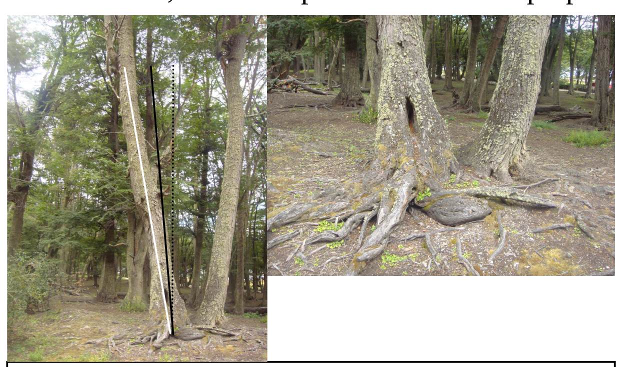


Foto 11: *Árbol dominante de lenga con una inclinación cercana al 20% (línea blanca) agravada por el descalce parcial de la raíz. La línea negra corresponde al 10% de inclinación respecto de la vertical (línea trazo) (Chauchard).*

a) ***Copa Grande***: se extiende por más de 1/3 de la altura del árbol y en especies de copa globosa, además llega a ser tan ancha como largo.

b) ***Copa Mediana***: se extiende hasta 1/3 de la altura del árbol y llega a ser menor o igual de ancha que larga.

c) ***Copa Pequeña***: se extiende por menos de 1/4 de la altura del árbol.



Foto 12: *Árbol dominante de lenga con una inclinación cercana al 10% con pérdida de soporte radicular por la construcción de un camino. La compactación del camino podría hacer menguar en parte el desequilibrio originado, sin embargo ello será determinado por la presión de los factores del ambiente a que esté sometido, el peso del árbol y el desplazamiento de su centro de gravedad (Chauchard).*

Indicador 2.4: **Tamaño de las ramas**: se deben considerar las dimensiones, tanto en diámetro como en largo, considerando que cuanto más larga, mayor será la presión sobre la misma. *A los fines del objetivo de la evaluación y en términos prácticos debe considerarse como "grande" aquella rama que en caso de colapsar tiene capacidad de daño. Ello relativiza el "tamaño" no solo a las dimensiones sino a la altura en que se encuentra la misma.* Si bien el ángulo de inserción de la rama es también una condición importante, por favorecer la acumulación de nieve y agua y procesos de pudrición que representen debilidades, su valoración correspondería al Indicador 3.4: Vitalidad de las ramas. Algunas ramas en búsqueda de la luz alcanzan largos considerables y desarrollan una copa en el extremo, aumentando las posibilidades de oscilación y la presión sobre la inserción.

Indicador 2.5: **Número de troncos**: se refiere a la cantidad de bifurcaciones del tronco o eje principal o la cantidad de "patas" que posee un determinado tronco. Hay una diferencia con ramas gruesas, la bifurcación es una división del eje principal y cuyas divisiones siguen el eje principal.

a) ***Único***.

b) ***Bifurcado*** (Foto 19).

c) ***Polifurcado o multitronco***.

Indicador 2.6: **Verticalidad del árbol**: se analiza la inclinación que posee el eje del árbol respecto a la vertical (Foto 11). Es importante analizar las causas de la inclinación, siendo las más peligrosas aquellas que se van produciendo por descalce paulatino del árbol.



Foto 13: *Roble pellín crece en zonas costeras de baja productividad y muy expuestas y presenta en árboles adultos, pudriciones que lo dotan de largas porciones de madera muerta sólida y desarrolla un extenso y robusto sistema radicular, lo que lo dota de un relativa resistencia a la presión del viento (Chauchard).*

a) ***Vertical***: se acepta hasta una inclinación leve no mayor al 10% de la vertical.

b) ***Inclinado***: Ángulo no mayor al 20% respecto de la vertical.

c) ***Muy inclinado***: Más de 20% respecto de la vertical.

Factor: Desarrollo de la raíz.

Indicador 2.7: **Forma de la raíz**: se refiere a la forma que tiene su expansión en superficie. En condiciones normales ello está relacionado con la expansión de la copa y la ubicación relativa del árbol, pero hay casos en que la raíz ha sido afectada por actividades humanas, como una construcción. Estas acciones pueden dañar la raíz o bien eliminar parte de la misma, lo que provoca el desplazamiento del centro de gravedad de árbol y podría aumentar su susceptibilidad a colapsar. Tales ejemplos se pueden observar en los casos de construcción de caminos como en el Camping Lago Roca, PN Tierra del Fuego (Fotos 12 y 13), o de casas o galpones como en el Club Esquel de Pescadores, PN Los Alerces y en otros Parques (Foto 17). Algunos daños se deben a causas naturales y pueden generar la inclinación del árbol y el levantamiento de la raíz en algún sentido. Estos descalces parciales suelen estar asociados a presiones externas en árboles con alguna debilidad de forma y/o estado que provoca la rotura de parte de la raíz y la pérdida de anclaje. Luego, en frente a esta estructura debilitada, el árbol se encuentra más susceptible a la caída, dependerá de la fortaleza del anclaje, la respuesta del árbol ante el desplazamiento y frente a condiciones ambientales adversas o simplemente por el mismo peso del árbol que ya no puede sostener.

La forma del anclaje de la raíz puede ser:

a) ***Equilibrada*****:** su expansión es armoniosa en todos los sentidos.

b) ***Irregular***: Se expande en forma dominante hacia un lateral. Ello está en relación con condiciones naturales como la competencia o limitaciones del suelo y genera diferencias con el desarrollo y expansión de la copa.

c) ***Disminuida***: por actividades humanas, como cortes del terreno realizados por el hombre (ej: caminos, huellas, rutas, etc.).

d) ***Expuesta***: sobresale del nivel del suelo (Foto 13).

Si se considera que un **árbol equilibrado** es aquel cuyo centro de gravedad se localiza en el eje de su tronco principal o fuste, las expansiones de la copa y raíz hacia un lateral producirían un desplazamiento del centro de gravedad motivado por la mayor carga o peso en dicho lateral. Si bien con las mayores irregularidades en el crecimiento del árbol, el mismo busca mantener el equilibrio, un estado deficiente de alguna de sus partes puede aumentar su debilidad y ante una presión inusitada de factores externos como el viento, colapsar en la zona debilitada. Estas irregularidades serán acordes a los grados de competencia en los cuatro cuadrantes que se pueden establecer a partir

del eje del tronco. *Básicamente el análisis busca establecer hacia dónde está cargado el peso de la copa, el equilibrio que le puede otorgar el anclaje de la raíz y cuál es el grado de soporte que le dan los vecinos*. Debe tenerse presente, como se expuso anteriormente, que un árbol de crecimiento irregular no necesariamente es un árbol inestable o desequilibrado, el crecimiento del árbol tiende a balancear su estructura, aún superando algún impedimento; pero una estructura irregular puede ser más susceptible a colapsar si alguna de sus partes sufre algún desgaste y está expuesto a presiones externas reiteradas.

Factor: Estabilidad del árbol.

Indicador 2.8: **Índice de Estabilidad**: Hay un índice ampliamente utilizado en silvicultura que empleando variables dimensionales del árbol permite valorar su condición de estabilidad potencial frente a presiones externas. Este índice se construye como un cociente o razón entre las variables altura del árbol y diámetro a la altura del pecho (*dap*) y trata de indicar la robustez o equilibrio entre sus dimensiones, para soportar una presión externa, como puede ser el viento o la nieve (Fig. 14). A mayor valor del índice mayor es la inestabilidad potencial del árbol.

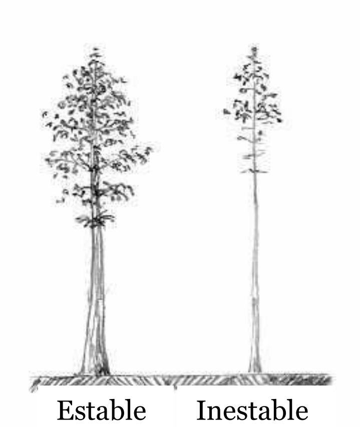


Figura 14: La estabilidad de un árbol a presiones externas se puede inferir a través de la relación que existe entre su altura y su diámetro en la base del tronco. *(Chauchard)*

$$IE = ht\,[m] \,/\, dap\,[cm] \qquad (1)$$

Donde:

IE: Índice de Estabilidad, que puede expresarse como porcentaje multiplicando (1) por 100 o unificando las unidades de los términos. (También se lo suele citar como Índice de Esbeltez o Robustez)

ht: Altura total del árbol en metros.

dap: diámetro a la altura del pecho (medido a 1,30 m desde el suelo), expresado en centímetros.

La interpretación general es que árboles con valores de *IE* > 0,6/0,8 comienzan a poseer una condición de susceptibilidad estructural, incrementándose ésta a medida que el valor aumenta.



Foto 15: El decaimiento y posterior mortandad del árbol suele producir un desmoronamiento paulatino del mismo, si la presión externa no es intensa o está protegido y su base está íntegra, representa un riesgo mínimo. *(Chauchard).*

3. Criterio: Estado del árbol

Factor: Estado general del árbol

Indicador 3.1: **Vitalidad del árbol**: se refiere a la incidencia de los factores que pueden disminuir la estabilidad potencial del árbol. Es una apreciación al estado general del árbol. Las pudriciones en raíz, tronco y ramas son los elementos más importantes y se considera que cuánto más añoso es el árbol mayor es el grado o susceptibilidad a ser afectado por enfermedades. Hay especies que crecen en sitios muy expuestos en zonas ventosas y van adecuando su forma para dotarse de una resistencia particular. Tal es el caso de roble pellín creciendo en zonas expuestas como bordes de lagos o en la cima de una lomada. Suelen llegar a la vejez con una gran

estabilidad, merced a un extenso sistema radicular y a presentar pudriciones en el tronco que inclusive generan madera muerta compacta a lo largo del mismo, que no le estaría haciendo perder resistencia (Foto 13).

Los árboles sobremaduros entran en desmoronamiento parcial de sus partes antes de morir; una vez muertos el desmoronamiento paulatino continúa (Foto 15), pudiendo colapsar totalmente si la afectación o debilidad es grande. Es importante la correcta valoración del riesgo de colapso del árbol moribundo o muerto (Indicadores de Estado 3.2; 3.3 y 3.4), ya que éstos constituyen un importante hábitat para vida silvestre y además podrían tener valor de recreación, inclusive desmoronado. Este valor dependerá del tipo e intensidad del uso, pues siempre deberá sopesarse los riesgos de eventos en dichas áreas.

El estado se clasifica según se encuentre:

a) ***Verde***.

b) ***Enfermo o Moribundo*** (Huelán: nombre dado por los pobladores en el PN Lanín).

d) ***Muerto***.

Foto 16: *La pudrición de raíces en ciprés de la cordillera es causa de debilitamiento y mortandad aumentando la inestabilidad del árbol. En condiciones de alta exposición, un árbol con manifestación de la enfermedad debe considerarse como un ADR (Hernández Otaño).*

Factor: Estado de la raíz.

Indicador 3.2: **Vitalidad de la raíz**: se refiere a la incidencia de los factores naturales o antrópicos sobre la sanidad y pueden disminuir la estabilidad potencial del árbol. Todo lo que tenga que ver con la evaluación de la raíz es complicado de detectar; se podrá evaluar lo evidente y aún así conlleva una gran dosis de inferencia y subjetividad.



Foto 17: *Al momento de realizar construcciones debe tomarse las necesarias precauciones para prevenir daños y accidentes y nunca debe afectarse la base de sustentación de los árboles cercanos (Chauchard).*

La pudrición de la raíz es un factor relevante en ciprés de la cordillera, que es afectado por la enfermedad típica de esta especie y es producida por hongos que generan una pudrición severa de la misma (Foto 16). Por ello, una vez enfermo el árbol, su inestabilidad aumenta significativamente, siendo mayor en aquellos árboles de gran porte, en los cuales si son expuestos a presiones intensas de los factores climáticos, el colapso es muy probable (Foto 16).

Factor: Estado del tronco.



Foto 18: *Árboles de Lenga con pudrición central y basal, colapsados al ser sometido a una gran presión por el viento, Tierra del Fuego. (Chauchard)*

Indicador 3.3: **Vitalidad del tronco**: se refiere al estado que presenta el tronco en sus distintas porciones. Dado que es el eje que soporta la copa y a la vez se vincula a la raíz, debilidades producidas por daños o enfermedad disminuirían su estabilidad frente a presiones externas. Para la clasificación se ha dividido el tronco en tres tramos relativos de alturas y se ha incluido además la calificación del estado basal del mismo, a la altura del suelo y en unión con la raíz (cuello). Las pudriciones basales en el tronco (y ramas) son variables a penalizar en el riesgo de caída por rotura de la planta (Fotos 17 y 18). Se debe notar que una planta puede estar muerta y sin embargo la pudrición en zonas críticas puede continuar influyendo en la estabilidad de la misma. Por eso se deben aclarar bien la localización y magnitud cuando se detectan factores desestabilizadores.



Foto 19: *Los desgajes de patas o ramas gruesas son frecuentes y la predicción del riesgo es difícil por la dificultad de observar y evaluar su real estado. (Chauchard).*

En general el tronco bifurcado es estructuralmente más débil que el fuste único, básicamente por la división del mismo (por eso el Indicador de Forma 2.5), pues al igual que en la inserción de ramas gruesas suelen producirse pudriciones en el entorno de la unión que debilitan alguno de los pies o la rama. Si la forma en la inserción facilita la acumulación de agua, el proceso de pudrición y debilitamiento en la inserción se acelera, sobre todo si la forma de inserción es en “V” (Foto 19), la cual suele dejar con el crecimiento corteza incluida en la unión (Foto 20).

Esta valoración puede tener mucha incertidumbre, dado que no siempre la debilidad está visible; así puede darse el caso que la pudrición central o interior del tronco no presente signos visibles en el exterior o que un signo externo no refleje el real grado de afectación interior del tronco. Estas debilidades pueden provocar el colapso total o parcial del árbol, frente a presiones externas (Foto 18), sobre todo si la intensidad es severa. La experiencia es la que otorgará más certidumbre a la sospecha de pudrición y su valoración, haciéndose más difícil esa valoración hacia la porción media o superior del fuste. En los casos de troncos ahuecados en su interior por pudriciones, éstas se podrían verificar mediante golpes con un martillo, con la parte trasera del hacha o con algún objeto contundente. A pesar de requerir práctica, se puede escuchar fácilmente el sonido de un tronco ahuecado como un tambor grave. En caso de ser macizo el golpe no tiene resonancia y produce un sonido seco. Sin embargo ello siempre tendrá una gran carga de subjetividad e incertidumbre.

En general la presencia de hongos repisa en el tronco indica un decaimiento avanzado en esa zona (ver Anexo Sanidad), de manera que cuando aparecen en la base del tronco o ramas se infiere un mayor potencial de colapso.

En EE.UU se suele emplear un barreno para tarugar el tronco y verificar la presencia de pudrición y la intensidad de la misma y con ello establecer el porcentaje de afección. El espesor o grosor del anillo de madera sólida tiene una incidencia determinante en la solidez del tronco. No es lo mismo si la pudrición en el tronco es central, la cual deja un anillo de madera sólida alrededor o lateral; para una misma afectación de la sección del mismo, la primera afectará menos la resistencia del tronco que la segunda. Según estudios en EE.UU el espesor anular de madera sólida debe ser superior al tercio del radio (33 %), para garantizar la fortaleza original del mismo (Regla del tercio) (Angwin *et al*., 2012). Esta proporción variará con la especie y aumentará con la forma irregular del tronco y en los casos que las pudriciones no sean centrales, sino laterales y con salida al exterior.



Foto 20: *Unión de una bifurcación en coihue con corteza incluida entre la misma que le otorga discontinuidad a la madera y debilidad (Chauchard).*

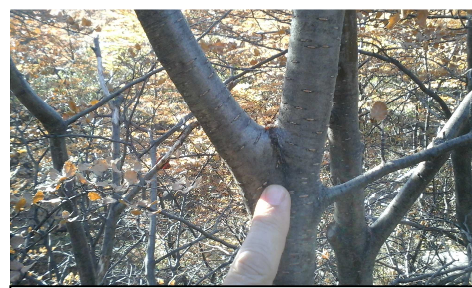


Foto 21: *Unión de una bifurcación en "U" en lenga que no debilitaría la misma (Chauchard).*

La pudrición debe ser considerada integralmente junto a otros factores que pueden ofrecer sinergia hacia una mayor debilidad; ejemplo, la presencia de cierto nivel de pudrición podría incrementar la debilidad y el riesgo de colapso con la inclinación del tronco o árbol.

Factor: Estado de las ramas.

Indicador 3.4: **Vitalidad de las ramas**: se refiere al estado que presentan las ramas a lo largo del árbol. Al igual que en el tronco, las pudriciones son las afectaciones principales que influyen en el riesgo de colapso o rotura de las mismas. La presencia de pudriciones (central o en la inserción de la rama) junto a la altura y la posición que la rama tiene, pueden hacer sumamente difícil la evaluación objetiva del riesgo de rotura. En ramas o bifurcaciones muy gruesas, la pudrición basal o en la inserción, sumada a la presión que ejerce el mismo peso y la inclinación de las mismas, hacen que, posiblemente para algunas especies como coihue, el colapso de las ramas sea un evento más frecuente que la caída de todo el individuo.

Este Factor posee varios Indicadores, alguno de los cuales pueden tener respuesta múltiple, en virtud de que pueden ser varias las ramas con riesgo de rotura, inclusive en una misma rama las afectaciones pueden estar localizadas en varias partes de la misma. Por todo ello se calificará por aquella que esté en peor estado.

SISTEMA DE VALORACIÓN DEL RIESGO DE CAÍDA

Se propone utilizar una fórmula aditiva con ponderación de los Criterios para establecer un Valor o **Índice de Riesgo (*IR*)** de colapso de un árbol determinado.

La estructura es la siguiente:

NÚMERO DE CRITERIOS: 3 (tres)

NÚMERO DE INDICADORES: 16 (dieciséis)

Criterio 1: Entorno y Ambiente → 3 Indicadores

Criterio 2: Forma del Árbol → 8 Indicadores

Criterio 3: Estado del Árbol → 5 Indicadores (+ 1 Indicador cualitativo)

El esquema general es que cada Indicador recibe una valoración a través de una escala de puntuación, lo cual permite calcular y asignar un valor promedio a cada Criterio, que luego pueden ser ponderados y finalmente sumados para obtener un valor total ponderado que representa el **Índice de Riesgo** (*IR*). A partir de este valor y de la apreciación del técnico evaluador sobre el árbol, se asigna un grado de riesgo de caída: **Alto, Medio o Bajo** y finalmente se hace una apreciación sobre si el riesgo de colapso asignado más probable se corresponde con uno o varios de los siguientes eventos (peligros): **Descalce, Desgaje, Rotura o Desrame**.

Valoración de los Indicadores: Cada Indicador podrá tener una puntuación entre cero (0) y tres (3), según un grado o severidad de la variable que considere el mismo.

Valoración de los Criterios: El valor o puntuación de cada Criterio se obtiene por el promedio entre todas las puntuaciones de sus Indicadores.

Ponderación de cada Criterio: Ponderar significa darle un valor o peso relativo según la importancia que tenga el Criterio en la valoración del riesgo de colapso del árbol. Para ello entonces, se le debe dar un factor de ponderación a cada Criterio y cuyo valor debe ser entre 0,1 y 0,8, de manera tal que la suma de los tres factores de ponderación sea igual a uno (1). Este factor de ponderación, que representa la importancia relativa del Criterio, se multiplica por la valoración o puntuación promedio obtenida para el mismo. Este esquema de ponderación implica que los Criterios poseen diferentes pesos o importancias en la valoración final del árbol, los cuales serán crecientes cuándo mayor sea el valor de ponderación.

Valoración del Riesgo de colapso del árbol: El *IR* representa la valoración final y se obtiene de sumar los valores que se obtienen de cada Criterio ponderado; con esta fórmula aditiva con ponderación el valor final, en términos matemáticos, oscilará entre 0 y 3. Con ello sólo resta ubicar este valor dentro de una tabla de clasificación que establece rangos del Índice a los cuales se les asigna un nivel o grado de riesgo o posibilidad de colapso total o parcial, que se define como: bajo, medio y alto.

La fórmula de cálculo del *IR* queda de la siguiente manera:

Índice de Riesgo (IR) *=Valor Criterio 1*[Factor ponderación 1] + Valor Criterio 2*[Factor ponderación 2]+ Valor Criterio 3 *[Factor ponderación 3]*

El Criterio que posea entonces la mayor ponderación tendrá el mayor peso en la valoración final,

Se propone una tabla con rangos del *IR* para **complementar** la valoración del riesgo del árbol, que es la siguiente (Tener muy en cuenta que el *IR* es una ayuda inicial para la percepción del riesgo que establezca el técnico):

Riesgo	*IR*
Bajo	**< 1,5**
Medio	**< 2,0**
Alto	**2,0 ó superior**

Se realiza una propuesta de ponderación que se adecúa a la importancia relativa que se le asigna a los Criterios, que es la siguiente:

CRITERIO	PONDERACIÓN
1. Entorno	**0,1**
2. Forma	**0,3**
3. Estado	**0,6**

Ejemplo de cálculo

Si la valoración de los Indicadores para un árbol arrojó las puntuaciones medias por Criterio dadas en la tabla siguiente, entonces en base a las ponderaciones antes propuestas, se tiene que el *IR* es de 1,1, que representa una baja posibilidad (riesgo) de colapso del árbol:

Valor Criterio	Ponderación	Criterio x Ponderación
Criterio 1 = 2,3	0,1	2,3 x 0,1 = **0,23**
Criterio 2 = 2,1	0,3	2,1 x 0,3 = **0,63**
Criterio 3 = 0,4	0,6	0,4 x 0,6 = **0,24**
Suma	**1,0**	**Puntuación = 1,1 : árbol de riesgo bajo**

Importante: Un valor numérico como el establecido en este Índice es una ayuda para que el evaluador pueda discriminar aquellos árboles que merecen una atención especial y un eventual seguimiento o monitoreo. Claramente el *IR* no debe establecer la acción preventiva, como el apeo o poda de un árbol, ello lo determinará la percepción del evaluador luego de examinar detalladamente el árbol. Así, por ejemplo, un árbol puede tener un *IR* bajo, sin embargo el evaluador percibe que una rama del mismo tiene un alto riesgo de colapsar y es peligrosa para causar daño por el uso que hay debajo de la misma, De esta manera, puede decidir realizar la poda de la misma, con lo cual, el peligro desaparecería y dicho árbol pasaría a considerarse seguro, o por el contrario no hacerlo y monitorear la rama, en este caso estamos frente a un *ADR*, asociado a un *IR* bajo. Por otro lado, un árbol con un *IR* alto no necesariamente es un ejemplar a punto de colapsar, pero el Índice está indicando que por una o varias razones su condición se aleja de la ideal (*IR*=0).

Valoración rápida de los Indicadores

Criterio 1: Entorno y Ambiente

Indicador 1.1: Profundidad del suelo

Descriptor	Magnitud(*)	Valoración	Observaciones
Normal	>1 metro	0	No se infieren impedimentos para que la especie desarrolle su sistema radicular.
Limitada o Superficial	< 1 metro	2	Son visibles o evidentes uno o más impedimentos para el desarrollo normal de las raíces.

(*): La evaluación no tiene que ver directamente con valores de profundidad, cuyos valores son orientativos, pues eso variará según los ambientes característicos para cada especie. De manera que si no se aprecian limitaciones a las condiciones naturales y buenas para la especie, el Indicador es "Normal", independientemente de si para coihue ello es 1,5 m y para lenga 0,8 m de profundidad efectiva para ser utilizada por las raíces.

Indicador 1.2: Pendiente del terreno

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Plana a leve	< 10 %	0	
Moderada	10 a 20 %	1	
Fuerte	> 20 %	3	

Indicador 1.3: Vecindad y exposición al viento/nieve.

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Protegido	----	0	El árbol posee contacto con los vecinos en todos o en casi todos sus laterales (80%).
Expuesto a sotavento	----	1	Está protegido en el sentido de donde provienen los vientos dominantes. Si la copa favorece la carga de nieve se sube un punto.
Expuesto a barlovento	----	2	Está desprotegido en el sentido de donde provienen los vientos dominantes. Si la copa favorece la carga de nieve se sube un punto.
Desprotegido	----	3	No tiene contacto con vecinos o éste es mínimo.

Criterio 2: Forma del Árbol

Indicador 2.1: Fase de desarrollo del árbol

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Renoval	Según Tabla 1	0	Se ha empleado una tabla guía con dimensiones; sin embargo las especies van manifestando su desarrollo a través de la corteza y su estado. Las dimensiones varían según la calidad de sitio y la densidad.
Inmaduro/Juvenil		1	
Maduro		2	
Sobremaduro		3	

Indicador 2.2: Dominancia del árbol (Para especies que necesitan luz para sobrevivir).

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Libre	----	0	La copa viva se presenta a lo largo del árbol, las ramas suelen alcanzar su máximo grosor para la especie.
Oprimido	----	1	Árbol que creció por debajo del dosel principal y muestra pérdida de vigor al ser de una especie que sufre la falta de luz directa para crecer. En general tiene mala forma y copa con poco follaje y en árboles inmaduros suele crecer lateralmente.
Intermedio(*)	----	2	Árbol que se encuentra en el dosel superior recibiendo luz directa solamente en la parte superior de la copa, pues en los laterales suele estar comprimida por la de sus vecinos.
Dominante	----	3	Árbol con copa más grande respecto a la de los vecinos, es de los que recibe más luz directa, por encima y los laterales de la misma.

Nótese que el descriptor de “libre” de este Indicador puede aparecer en el Indicador 1.3, bajo el concepto de árbol “desprotegido”, pero que la puntuación o valoración que se asigne será diferente según el Indicador que se esté valorando. Efectivamente en el presente Indicador el árbol “libre” representa una condición histórica de crecimiento, que le ha permitido adaptarse a resistir las condiciones ambientales del lugar, dado que es un árbol que ha crecido durante toda o la mayor parte de su vida expuesto. Sin embargo, el Indicador 1.3 pretende castigar a aquellos árboles que, no siendo libres, pueden haber sido liberados de competencia en algún momento y pasan a estar expuestos sin la debida adaptación. Por otro lado, prevalece el concepto que cuánto más grande la copa, hay más chances que aparezca el debilitamiento de alguna de sus partes, sin considerar el proceso ecológico que un árbol de menor estructura, podría tener menor vigor y eso lo hace más susceptible al ataque de plagas y/o enfermedades.

> (*): En este sentido, se propone que si el árbol **intermedio** se encuentra protegido su valoración será de **dos (2)**, mientras que si el árbol se encuentra **expuesto** por una liberación (ej., se cortaron o cayeron los árboles vecinos), la valoración deba subir a **tres (3)**, independiente de la tabla dada para el Indicador 2.2.

Indicador 2.3: Tamaño de la copa del árbol

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Pequeña	----	0	La copa no es muy ancha y se extiende en 1/4 de la altura del árbol o menos.
Mediana	----	2	La copa no es muy ancha y se extiende en 1/3 de la altura del árbol.
Grande	----	3	La copa cubre una gran área y se extiende por o más de la altura del árbol.

Indicador 2.4: Tamaño de las ramas del árbol

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Pequeñas	----	0	
Medianas a Grandes	----	3	Si tiene capacidad de daño, independiente del tamaño absoluto, pues además, la altura en la que se encuentre determinará esta capacidad.

Indicador 2.5: Número de troncos

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Único	----	0	En general se cuenta que el fuste es único en las 2/3 partes de la altura del árbol.
Bifurcado	----	2	Dos pies principales
Polifurcado	----	3	Más de dos pies principales

Podría la experiencia indicar a futuro que los árboles con más de dos pies sean más estables que los bifurcados por ofrecer una mayor contención o entramado entre las copas de los pies. Observar que en un bifurcado cada pie podría estar más expuesto a presiones externas que en aquellos con más de dos troncos, cuya contención aparecería mayor. Sin embargo, también la fricción podría ser mayor. Para todos los fustes divididos las posibilidades de presentar pudrición basal, en la unión de los pies, son más altas que en un único fuste o pie, lo que aumentará la susceptibilidad a la rotura, bajo determinadas condiciones de estado. Para el caso de coihue el desgaje de pies es uno de los colapsos relativamente frecuente de observar.

Indicador 2.6: Verticalidad del árbol

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Vertical	Hasta 10 % de la vertical	0	
Inclinado	10 a 20 %	1	
Muy inclinado	Mayor al 20 %	3	

Indicador 2.7: Forma de la raíz

Descriptor	Valoración	Observaciones
Equilibrada	0	Buen desarrollo en todos los sentidos en general asociado a una copa también equilibrada. No se observan daños o denudaciones que la dejen expuesta y se aprecie cierta debilidad.
Irregular	1	Se supone o se observa que se ha desarrollado más en algún sentido, concordante con alguna limitación y un desarrollo de copa irregular o inclinación del árbol. No se observan exposiciones de la misma.
Expuesta	2	Raíz con exposición parcial por denudación del suelo u otra razón.
Disminuida	3	Raíz que ha sufrido daño y ha perdido anclaje, ya sea por condiciones naturales severas o actividades antrópicas. También es el caso de algún descalce parcial del árbol que ha sufrido daño de la raíz y podría mostrar el desprendimiento y levantamiento de la misma en el piso.

Indicador 2.8: Estabilidad del árbol

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Muy estable	$IE < 0,5$	0	
Relativamente estable	$0,5 < IE < 0,6$	1	
Poco estable	$0,6 < IE < 0,8$	2	
Inestable	$IE > 0,8$	3	

Criterio 3: Estado del Árbol

Indicador 3.1: Vitalidad del árbol

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Verde	----	0	Es una apreciación general sobre un estado saludable o mayormente afectado (enfermo).
Enfermo y/o Moribundo	----	2	Si se aprecian debilidades estructurales se le debe asignar la máxima puntuación.
Muerto	----	3	Dependerá del tamaño y estado de desmoronamiento. Si el desmoronamiento es muy avanzado posiblemente se puede disminuir la valoración.

Indicador 3.2: Vitalidad de la raíz

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Verde	----	0	Sin signos o evidencias de pudrición
Enferma	----	3	Lo usual es que las afectaciones se infieran por los suelos, como los excesos de agua, y los signos de pudrición en el cuello o el estado de la copa (enfermedad del ciprés).

Indicador 3.3: Vitalidad del tronco

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Sin signos	----	0	Apariencia de sano.
Pudrición 1/3 superior	De la altura total	2	Ver consideraciones de ramas.
Pudrición 1/3 medio		2/3	Si se aprecian signos de afectación, pero no es claro la severidad se asigna la menor puntuación. Está soportando toda la copa.
Pudrición 1/3 inferior//basal		3	Está soportando el peso de casi todo el árbol.

Este es un indicador de valoración múltiple, puesto que un mismo árbol puede presentar debilidades por enfermedades o ataques en varias porciones del tronco. De manera que solamente debe computarse para el cálculo de *IR* el peor estado o el mayor valor evaluado. Ejemplo, si hay signos de debilidad tanto en la porción superior como en la basal, la valoración es 3 (tres). Pero ello debe ser aclarado al final cuando se califica el riesgo. El grado de afectación puede ser muy variable, de manera que deben descartarse pequeños signos de pudrición, entendiendo que la evaluación certera suele ser una tarea dificultosa, más cuando las afectaciones están en porciones elevadas o interiores del tronco.

Factor: Estado de las ramas

Indicador 3.4: Vitalidad de las ramas

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
Sin signos		0	Apariencia de sana.
Pudrición media de la rama		2	Si la rama es grande y la porción a caer tiene capacidad de daño, se califica como “3”.
Pudrición basal o inferior		3	Si son ramas gruesas o con capacidad de daño.

Sin presencia de muertas		0	
Muerta tamaño fino		1	
Muerta tamaño grueso	Se debe considerar la altura y capacidad de daño de la rama.	3	

Este Indicador también es de valoración múltiple. Sin embargo, a los fines del cálculo se considerará como dos Indicadores. En el caso de que no haya signos visibles de pudrición o debilidad solamente se valora el Indicador con 0 (cero). De la misma forma que en la valoración del tronco, se valora la peor condición que se identifica.

Indicador 3.5: Localización de las ramas afectadas o con riesgo de colapso

Descriptor	Magnitud	Valoración	Observaciones
1/3 inferior	De la altura del árbol	X	
1/3 medio		X	
1/3 superior		X	

Es un Indicador cualitativo, sin puntuación y que ayuda a la valoración global final del Riesgo de colapso que se le asigne al árbol y a la peligrosidad que pueda ofrecer en el lugar.

Valoración Final

La valoración final tiene tres elementos: el *riesgo*, el *tipo de peligro o colapso* y la *acción recomendada*.

Valoración del Riesgo de caída total o parcial

La **valoración del Riesgo de colapso** se compone de dos elementos:

1) **Índice de Riesgo (*IR*)**: es el valor o puntuación final obtenida. Cuánto más alto sea el *IR* mayor es la posibilidad (riesgo) de tener condiciones para el colapso parcial o total del árbol.
2) **Apreciación del Riesgo de caída**: es la percepción que finalmente tiene el técnico después de analizar minuciosamente el árbol y su entorno a través de la Guía.

> Ambos elementos son sumamente importantes y debe tenerse en cuenta que la Guía es una ayuda para ser metódico y no pasar ningún factor de riesgo por alto, pero en definitiva la experiencia, conocimiento, pericia y objetividad del operador es lo que determinará una valoración final certera y ello contribuirá a disminuir efectivamente los peligros inherentes al uso del espacio. Nunca la acción recomendada puede fundamentarse en el valor del *IR* obtenido, sin embargo el *IR* es un elemento ordenado para discriminar los árboles de riesgo y que debieran ser atendidos a lo largo del tiempo.

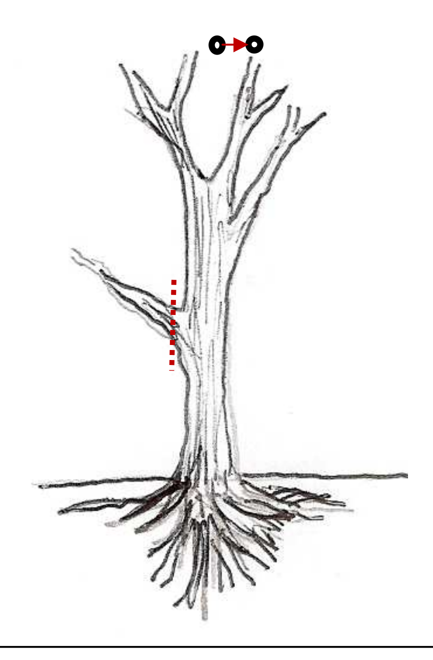


Figura 21: *Eliminar una porción de un árbol implica un desplazamiento de su centro o punto de gravedad, incrementando la presión hacia la zona de desplazamiento. (Chauchard).*

La adaptación de los bosques Andino-Patagónicos estas condiciones ambientales, hace que las probabilidades de un

evento de caída parcial o total en un punto determinado de la región son relativamente muy bajas. Estas probabilidades podrán subir en la medida que los impactos antrópicos alteren la adaptación natural de un árbol, como así también más intenso sea el uso de un lugar. En ello también estará influyendo la frecuencia y severidad de los impactos del clima, a un mismo estado del árbol, sitios protegidos tendrán menos frecuencia de colapsos que aquellos más sometidos.

Otro aspecto importante es que esta Guía pretende evitar el impacto sobre un área por la extracción de un excesivo número de árboles por el simple hecho que éstos son grandes. La realización de excesivos volteos, además del impacto negativo de conservación, podría impactar negativamente en el atractivo del área; es usual que árboles de grandes dimensiones (Sendero del Bosque de Arrayanes) o decrépitos o muertos (Paso Internacional Mamuil Malal) sean una fuente de atracción del área; además la eliminación de espacios de sombra puede determinar que la gente deje de utilizar el sitio (PN Los Alerces). Siempre es importante evaluar previamente la conveniencia de emplear un área determinada para cierta actividad recreativa, sin embargo son numerosas las *AR* ya establecidas y muchas de ellas con presencia de numerosos árboles de riesgo, de manera que se tiene que analizar ante la necesidad de realizar numerosos cortes, la evaluación del impacto sobre los valores de conservación y los de recreación y la conveniencia de mantener dicha *AR*. Por otro lado, debe tenerse mucho cuidado que un número elevado de cortas preventivas no eleve el riesgo o la probabilidad de eventos colaterales por imprevista desprotección de los árboles remanentes.

> Sin embargo, lo expresado son todos aspectos a tener en consideración para la evaluación del riesgo en un *AR* y es parte del soporte de conocimiento que debe tener el evaluador, pero lo que debe primar es la seguridad de las personas y los bienes, de manera que el desafío es encontrar un equilibrio entre los aspectos naturales de valor recreativo y la seguridad que debe ofrecer el área.

Por estas razones, la evaluación de los *ADR* debe estar en manos de técnicos capacitados y en lo posible, experimentados, situación que solo se obtiene con el ejercicio sostenido de evaluación y seguimiento. Es importantísimo el buen criterio de evaluación del técnico que clasifique, más allá de la puntuación y ello lo da la experiencia y el seguimiento de la actividad a través de estudiar los eventos o incidentes de caídas ocurridos.

Tipos de Peligros

Los **peligros** pueden clasificarse en cuatro:

1. **Descalce** del árbol
2. **Desgaje** del árbol: pérdida de una pata o alguno de los ejes principales.
3. **Rotura**: partición del árbol en algún punto de debilidad.
4. **Desrame**: pérdida de una rama.

En función de la evaluación debe establecerse para los *ADR* cual es el tipo de peligro que se sospecha y en función de la gravedad del mismo y la vulnerabilidad del árbol se deberá recomendar la acción que logre eliminar o disminuir el riesgo de incidente.

Acción Recomendada

Cuando nos encontramos frente a un árbol de alto riesgo de colapso la **acción a recomendar** debe ser cuidadosamente evaluada y ello apunta a considerar, entre otros aspectos, los posibles **efectos colaterales** que podría provocar una acción determinada.

La experiencia irá perfilando las acciones posibles y ello permitirá ir completando el abanico de posibilidades, al momento las acciones más usuales podrían ser:

a) La **corta** del ejemplar de riesgo.

b) La **poda** de la rama o pie de riesgo de colapso del árbol.

c) La **delimitación de una Zona de Peligro Individual (*ZPI*)** dentro de la cual se pueden limitar o prohibir ciertas actividades.

d) La **restricción o prohibición de ingreso o circulación** en determinada zona del *AR* o directamente a la misma bajo determinadas condiciones ambientales.

a) **Corta de un árbol**: debe analizarse la dirección de caída preferible y la desprotección que generaría la eliminación de un ejemplar en la vecindad, pues no sería conveniente eliminar un *ADR* y a la vez generar otro. Es la misma consideración que debe realizarse al elaborar un proyecto que implica extracción masivas de árboles, como por ejemplo, una telesilla (Isla Victoria, PN Nahuel Huapi). Es importante considerar los vientos dominantes, la topografía del entorno al *AR*, las pendientes, la nivosidad, etc.

b) **Poda de un árbol**: una acción usual es podar una rama o pata/pie gruesa. Al analizar esta acción debe tenerse presente que dicha porción del árbol es parte del equilibrio alcanzado y que automáticamente al eliminarla estoy desplazando el centro o punto de gravedad del árbol (Fig. 21). Ello podría generar un desequilibrio en el árbol, dependiendo básicamente del tamaño y ubicación de la rama o pie, de manera que se debe asegurar que la eliminación de un peligro no provoque otro.

c) **Delimitación de una Zona de Peligro Individual (*ZPI*)**: la poda y el apeo serían las dos recomendaciones de acción directa sobre el *ADR*, pero hay otra indirecta que consiste en establecer la *ZPI* del *ADR* y disminuir y prohibir su tránsito o el estacionamiento vehicular o de personas en dicha *ZPI* (Foto 26 – Camping Lago Roca, PN Tierra del Fuego), como así también la instalación de infraestructura (fogones, quincho, etc.).

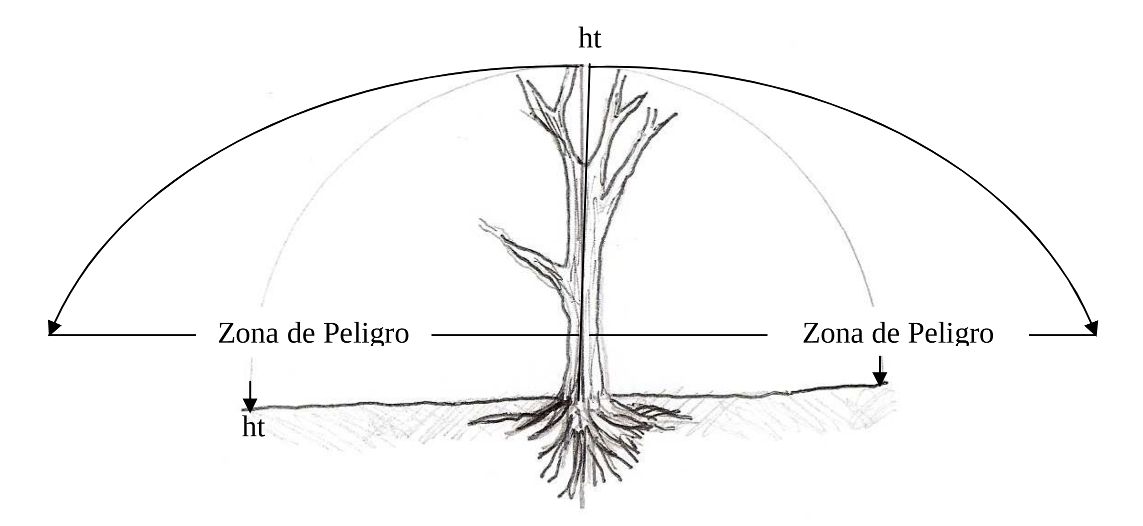


Figura 22: *Árbol en riesgo de caída, sin inclinación y en terreno plano. El área se establece en forma circular con un radio hasta 1,5 veces la altura del árbol (ht). Según su estado, porte, estructura, vecindad y condiciones ambientales como viento, puede establecerse una ZPI mayor o preferente.*

ADR sin inclinación y en terreno con pendiente.

En pendiente la *ZPI* adopta una forma oval pero más extendida pendiente abajo por la propia inercia de la caída y posibilidad de rodado de parte del material caído. El árbol puede partirse y caer o descalzarse, pudiendo ocurrir que en el segundo caso la posibilidad de extenderse en su caída o rodar sea menor, al seguir anclado a su sitio, sin embargo, como se expuso, puede hacerlo alguna parte del árbol que se desprenda.

ADR inclinado y en terreno plano.

En este caso la *ZPI* se extiende hacia zona de inclinación del árbol y cubre los 180º desde la perpendicular al sentido de la inclinación.

ADR inclinado y en terreno con pendiente.

Aquí se debe considerar en primer lugar el sentido de la inclinación y luego la posibilidad de rodado.

ADR de caída parcial, rama o ápice.

En el caso de riesgo de pérdida del ápice, la *ZPI* se establece a una distancia de 1,5 veces el largo de la parte del ápice con riesgo a colapsar, en forma circular en terreno plano, mientras que en terreno con pendiente, influirá el establecimiento de la *ZPI* la inclinación del árbol y el rodado del material colapsado que pueda ocurrir pendiente abajo.



Foto 23: *Árboles de lenga con colapsos del fuste (izq.) y del ápice (der.). En la evaluación de la ZRI debería considerarse la zona en donde se aprecia la debilidad, el largo de la porción en riesgo, la inclinación del árbol y el entorno y delimitar una zona circular o semicircular con un radio igual a 1,5 veces el largo de la porción de riesgo. (Massaccesi y Chauchard).*

Si el riesgo de colapsar es de una rama, la *ZPI* es de 1,5 veces el largo de la rama en un semicírculo establecido desde la perpendicular al sentido u orientación de la rama.

d) **Restricción de ingreso o tránsito**: durante días muy ventosos o de fuertes nevadas podría prohibirse el ingreso o uso del *AR* o bien la circulación por ciertas zonas por las características dominantes del bosque (podría ser el caso de sendas en áreas de deportes de invierno, zonas de acampe, tramos de sendas de senderismo o trekking, etc.). En este caso la *ZP* ya no es individual.

APTITUD DE UNA ZONA BOSCOSA PARA USO RECREACIONAL

Es muy importante que el trabajo de evaluar la aptitud de una zona boscosa para un uso determinado se constituya en una actividad integrante del proceso de planificación y de la evaluación de los impactos del proyecto. En este sentido, la peligrosidad potencial de generar incidentes que posea una zona determinará, entre otros factores, dicha aptitud para ser destinada a ese uso. La aptitud para el uso de una zona boscosa dependerá de los siguientes factores:

a) Tipo de uso: las actividades con infraestructura instalada y residencia permanente podrán entrañar mayores riesgos de incidentes que aquellas que sean solo de tránsito (Ver punto *categorías de uso*).

b) Fase de desarrollo del bosque: las fases maduras y sobremaduras presentan una mayor frecuencia de colapsos parciales o totales de manera que constituirán los estados más peligrosos para que estas zonas sean afectadas al uso.

c) Especie: Si bien todas las especies nativas están adaptadas a las condiciones ambientales de la región, hay especies que son más susceptibles que otras al colapso. Las especies coihue y lenga pueden ser consideradas las especies con mayor riesgo de colapso, y con coihue se suma que es una especie que alcanza las mayores dimensiones (y por lo tanto peso), con lo que los peligros aumentarán. Por otro lado roble pellín se puede considerar una especie con alta resistencia al colapso por fractura o descalce. En general el estado sanitario de las plantas es el que mayor incidencia podría tener en el riesgo de colapso.

d) Ubicación geográfica y topográfica del área: los factores climáticos como viento y nieve se constituyen en determinantes en los niveles de riesgos de colapsos, por lo que zonas más protegidas por la topografía del entorno harán disminuir dichos riesgos. Un *AR* con un entorno fisiográfico adverso podría recibir vientos acelerados

Sin embargo, son más de cien las zonas de uso o *AR* que ya están establecidas en la Áreas Protegidas, de manera que es importante establecer un protocolo de actuación para prevenir y disminuir los peligros en dichas áreas.

PROTOCOLO GENERAL DE ACTUACIÓN EN ÁREAS RECREATIVAS ESTABLECIDAS

Los pasos a seguir recomendados para evaluar los peligros o riesgos de incidentes y perjuicios en un *AR* e intentar disminuir los riesgos de incidentes sin disminuir su potencial recreativo, son los siguientes:

a) **Zonificar el *AR*** y mapear las zonas, según los criterios establecidos en la Guía.

b) En las zonas de alto riesgo de caídas, establecidas por las características del arbolado como el uso en cada zona, realizar un **censo** clasificando cada árbol. Ello debería involucrar a un técnico capacitado, de manera de poder realizar primero una pre-evaluación o evaluación preliminar de los árboles y de ellos hacer una evaluación detallada de los que consideramos con algún riesgo o estado defectuoso. La mecánica puede ser ajustada por cada grupo de trabajo en función de la experiencia que vaya adquiriendo, por ejemplo, las zonas de peligro alto puede no ser un área continua, sino que se compone dentro de un bosque con riesgo bajo por grupos de árboles cuyos estados son evaluados como riesgosos, de manera que la zona de evaluación está fragmentada dentro del *AR*.

c) La **clasificación del árbol** además debe incluir su ubicación relativa y su identificación numerada, para los *ADR* además se deben tomar los registros fotográficos o realizar los dibujos necesarios.

d) Analizar y establecer la **Acción Recomendada**. En función del tipo de peligro y el uso del sitio **establecer la *ZPI***.

e) Construir un **sistema ordenado de registro** de los *ADR* del *AR*.



Foto 24: *Con el barreno se extrae un tarugo de madera del interior del tronco y es posible detectar la pudrición y la distancia de la madera sólida (Chauchard).*

f) Definir las acciones de **prevención**. Hay varias medidas preventivas que se pueden adoptar: sistema cartelería, folletería, spots mediáticos, etc. (Fotos 25 y 26) Para ello debe tenerse en cuenta que alertar sobre los peligros de usar un área boscosa, asociada a acciones preventivas, es fundamental para el objetivo de minimización de incidentes. Un sistema de cartelería, tanto con mensajes generales sobre los peligros inherentes en los bosques, como con mensajes sobre el peligro particular de una determinada zona (*ZPI*), permitirá que el visitante use el área en forma más segura, sin que ello implique eliminar el riesgo de eventos y de algún incidente.

g) **Monitoreo**: en forma periódica debe revisarse el estado de los árboles del *AR*. El monitoreo debe centrarse principalmente sobre los árboles establecidos como de riesgo alto de colapso, sin embargo, en función de la recorrida general eventualmente podría identificarse una eventual nueva situación de peligro. Se propone hacer la revisión una vez al año. Además se recomienda que el monitoreo incluya visitas a las *AR* en días ventosos para evaluar el comportamiento de los árboles más peligrosos y de los árboles de la vecindad. Para llevar a cabo esta actividad eficazmente, es importante que al clasificar un árbol como de riesgo alto (recordar que podría darse el caso que el árbol tenga un *IR* bajo o medio y aún así ser considerado de alto riesgo por alguna condición), se direccione, si es posible, lo siguiente: a) Definir claramente qué se debe monitorear y b) establecer un método o una medición de base, la cual pueda ser tomada de referencia para el seguimiento.



Foto 25: *Distintas carteles preventivos, PN Los Glaciares (izq.) y PN Los Alerces (der.) (Chauchard).*

h) **Autopsia**: ante cualquier evento de caída total o parcial de algún árbol, el mismo debe visitarse para realizar un análisis y registro detallado de la/s causa/s del colapso, incluyendo registros fotográficos. Se debe entender que esta acción es la principal fuente de **retro-alimentación** que posee el sistema. Para esta actividad se ha diseñado una planilla de registro (Anexo: Ficha de Incidente), la cual debe completarse inmediatamente, en lo posible, después de ocurrido el evento, ya que conocer las condiciones climáticas del momento es muy importante.

El análisis del colapso de un árbol o una parte de él podrán entregar mucha información, ello se podrá realizar tanto sobre árboles evaluados previamente como no evaluados, sin embargo el mayor aprendizaje se producirá con los primeros casos. Para entender la pérdida de estabilidad de un árbol, es fundamental conocer las condiciones climáticas imperantes al momento del colapso, pues ellas son las que determinan el quiebre de la resistencia del ejemplar, la cual será menor cuanto peor sea el estado del mismo. Será frecuente que en un bosque con árboles de similar tamaño y condición, en un momento dado solo uno de ellos colapsa ¿Por qué colapsó ese individuo y no otro?, muy probablemente la respuesta no esté solamente en la condición del ejemplar, sino en cómo ha impactado determinado factor climático. Recordar que el colapso de un árbol puede ser un proceso paulatino y las autopsias repetidas podrán enseñarnos cómo se desarrollan estos procesos, de manera que sea más fácil poder identificarlos en los monitoreos. Así, un árbol podrá colapsar en un



Foto 26: *Primera experiencia en el Camping del Parque Nacional Tierra del Fuego. Señalamiento de ZRI, cartelería complementaria y autopsia de los desmoronamientos (Chauchard).*

día con condiciones climáticas no severas, inclusive en un día calmo.

Claramente, esta rama de la ciencia vinculada a la estabilidad de los árboles no se aprende leyendo libros, así uno se introduce en el tema. Por ello es importante que el comportamiento del bosque sea observado, analizado y seguido de otra manera, con otra mirada. Los árboles en general nacen para crecer y morir de pie, con un proceso de desmoronamiento paulatino, entonces si entendemos qué es lo que hace que algunos colapsen bruscamente, estaremos mejor preparados para identificarlos.

INSTRUMENTAL y ELEMENTOS RECOMENDADOS



Foto 27: *Existen martillos señaladores que permiten fijar una chapa con numeración independiente al tronco del árbol (Martínez Pastur).*

- Cámara fotográfica.
- Forcípula, cinta diamétrica o cinta métrica: se emplean para medir el diámetro a la altura del pecho o a 1,30 m del suelo (*dap*) y también se utilizará para la medición de ramas o tronco caídos.
- Binoculares: facilitarán la identificación de debilidades en el árbol en pie, en porciones superiores del tronco, ramas elevadas y en la copa.
- Barreno de Pressler: hay de diferentes tamaños, debe tener uno que permita taladrar al menos 1/3 de los diámetros más grandes (Foto 24).
- Posicionador satelital (*GPS*): puede emplearse para la localización de los árboles y referenciarlos en un plano y para delimitar y mapear la zonificación del *AR*.
- Identificador del árbol: se pueden emplear chapas numeradas, caravanas (ganado) o similares (Fotos 27 y 28). Si bien puede ser importante que la gente perciba el trabajo de evaluación de la Administración, debe evitarse restarle atractivo al área con identificadores grandes o utilizando pintura excesivamente.



Foto 28: *Identificación del árbol mediante chapa numerada (Massachessi).*

- Identificador de la Zona de Peligro Individual de un *ADR*: puede realizarse un cercado y en este caso deben evitarse impactos visuales desmesurados o también preferir un tipo de indicación más disimulada pero que el visitante reconozca fácilmente. Es recomendable acompañar las señales con folletos divulgativos y explicativos que se entreguen a cada visitante del *AR* o bien carteles indicativos en lugares comunes, como los usuales para cualquier área con atractivos. Se recomienda analizar diseñar carteles para indicar zonas de exclusión (*ZRI*).

- Martillo: sólido tipo maza, el golpe del mismo sobre diferentes partes del fuste podría indicar el estado interno.



BIBLIOGRAFÍA

Angwin P., Cluck D., Zambino P., Oblinger B. and Woodruff W. 2012. Hazard Tree Guidelines for Forest Service. Facilities and Roads in the Pacific Southwest Region. Report RO–12–01, Forest Service, EE.UU. 40 p.

Castillo Islas V., 2007. Árboles de riesgos en tres áreas de la Universidad Autónoma de Chapìngo, México. Tesis UACh, 77 p.

Halloin L., 2005. Tree hazards and forest management in Southeast region campgrounds. (http://www.dnr.wa.gov/Publications/rp_fh_wadnrtreehazard.pdf.). 43 p.

Hoffman D., 2011. Danger tree mitigation guidelines for managers. USDA For. Ser. Tech. Rep. TEO2P16. 23 p.

Johnson D. W., 1981. Tree hazards: recognition and reduction in recreation sites. USDA For. Serv. Tech Rep. R2-1 (http://na.fs.fed.us/spfo/pubs/hazardtrees/treehazards/thazards.pdf). 24 p.

Manzur C. y Martín C., 1998. Planificación física de sitios de acampe en áreas silvestres protegidas. Del. Reg. Pat. – APN, Doc. Interno. 44 p.

Paine L., 1971. Accident hazard evaluation and control decisions on forested recreation sites. Berkekey, Calif. Pac. SW, For. 8 Range Exp. St./USDA For. Serv. Res. Paper PSW-68. 10 p.

Toupin R., Filip G., Erkert T. and Barger M., 2008. Field guide for danger tree identification and response. USDA For. Serv. Pac. NW. Region. 64 p.

GLOSARIO

Área recreativa (*AR*): todo lugar que es afectado directamente para el uso de la gente con fines de esparcimiento, ocio, deporte, etc. Se engloba las áreas de campamento en todas sus formas, los caminos y áreas de estacionamiento y circulación, las sendas, etc.

Árbol de riesgo (*ADR*): árbol que se encuentra debilitado por alguna/s causa/s o defecto/s que podría/n provocar su desmoronamiento total o parcial y causar daño a personas, infraestructura, vehículos, etc.

Blanco: lo constituyen aquellos elementos que podrían ser afectados por caída total o parcial de los árboles.

Criterio: estado o aspecto del objeto de evaluación. Es una categoría de proceso de evaluación, en el presente caso, de los árboles de riesgo.

Diámetro a la altura del pecho (*dap*): diámetro medido en el tronco a 1,30 metros desde el suelo.

Evento: suceso o hecho ocurrido de interés.

Incidente: evento ocurrido que tiene repercusión sobre algo o alguien. Está relacionado con la vulnerabilidad de algo (objeto).

Indicador: es otra categoría de evaluación, que es una medida parcial de un Criterio. Puede ser cuantitativo o cualitativo, permite la medición periódica y monitoreo, facilitando la apreciación de la dirección de cambio.

Riesgo: es la probabilidad o posibilidad que se le da a la ocurrencia de un evento.

Zona de Peligro (*ZPI*): es el área que podría ser afectada por la caída de un ***ADR*** o alguna de sus partes si se produjera el colapso. Ello incluye el riesgo de golpear en su caída a árboles vecinos y con ello causar otras caídas (efecto dominó).

ANEXO 1: Planilla de registro

		Fecha		
		Árbol Especie y Nº		
		UBICACIÓN		
		Técnico		
ENTORNO y AMBIENTE	Profundidad	Normal	0	
		Limitada/Superficial	2	
	Pendiente	Plana <10%	0	
		Moderada <20%	1	
		Fuerte >20%	3	
	Exposición al Viento	Protegido	0	
		Expuesto a SOTAvento	1	
		Expuesto a BARLOvento	2	
		Desprotegido	3	
FORMA	Fase de Desarrollo	Renoval	0	
		Juvenil/Inmaduro	1	
		Maduro	2	
		Sobremaduro	3	
	Dominancia	Libre	0	
		Oprimido	1	
		Intermedio	2	
		Dominante	3	
	Tamaño de la Copa	Pequeña	0	
		Mediana	2	
		Grande	3	
	Tamaño de Ramas	Pequeña	0	
		Mediana a Grande	3	
	Número de Troncos	Único	0	
		Bifurcado	2	
		Polifurcado	3	
	Verticalidad	Vertical	0	
		Inclinado < 20 %	1	
		Muy inclinado > 20 %	3	
	Raíz	Equilibrada	0	
		Irregular	1	
		Expuesta	2	
		Disminuida	3	
	DAP			
	ALTURA			
	Índice Estabilidad			
	Estabilidad	Muy estable IE<0,5	0	
		estable IE<0,6	1	
		Poco estable IE<0,8	2	
		Inestable IE>0,8	3	

		Fecha			
		Árbol Especie y Nº			
		UBICACIÓN			
		Técnico			
ESTADO/DEFECTOS	Estado del Árbol	Verde	0		
		Enfermo/Moribundo	2		
		Muerto	3		
	RAÍZ	Verde	0		
		Enferma	3		
	TRONCO	Sin Signos	0		
		1/3 Superior	2		
		1/3 Medio	3		
		1/3 Inferior y/o basal	3		
	RAMAS	Sin Signos	0		
		Pud. Media	2		
		Pud. Basal/Inferior	3		
ESTADO/DEFECTO	RAMAS	Muerta Fina	1		
		Muerta Gruesa	3		
		1/3 Inferior	x		
		1/3 Medio	x		
		1/3 Superior	x		
PELIGRO	Descalce		x		
	Desgaje		x		
	Rotura		x		
	Desrame		x		
BLANCO					
RIESGO	**A**: Alto - **M**: Medio - **B**: Bajo				
		MEDIDAS RECOMENDADAS			
Árbol N°:					
Árbol N°:					
Árbol N°:					
Árbol N°:					
Árbol N°:					

ANEXO 2: Ejemplos de valoración

Se presentan a continuación las valoraciones de dos árboles localizados en el Camping organizado del Lago Roca, Parque Nacional de Tierra del Fuego, los cuales colapsaron posteriormente a la evaluación inicial. Ambos árboles pertenecen al Sector D (Fig. 2 de la Guía). Nota: la puntuación de algunos Indicadores han cambiado desde aquel momento, producto de la mayor experiencia.



Foto 1: *Árbol Nº 002 en el sector D del camping, Parque Nacional Tierra del Fuego.*



Foto 2: *Árbol Nº 853 en el sector D del camping, Parque Nacional Tierra del Fuego.*

		Árbol Nº:		2	853
		UBICACIÓN:		Sector D	Sector D
		Técnico:		TdF	TdF
ENTORNO y AMBIENTE	Profundidad	Profundo	0	0	0
		Superficial	2		
	Pendiente	Plana < 10%	0	0	0
		Moderada <20%	1		
		Fuerte >20%	3		
	Exposición al Viento	Protegido	0	2	3
		Parcial SOTAvento	1		
		Parcial BARLOvento	2		
		Desprotegido	3		
FORMA	Fase de Desarrollo	Juvenil	0	2	3
		Inmaduro	1		
		Maduro	2		
		Sobremaduro	3		
	Dominancia	Libre	0	3	3
		Oprimido	1		
		Intermedio	2		
		Dominante	3		
	Tamaño de la Copa	Pequeña	0	3	3
		Mediana	2		
		Grande	3		
	Tamaño de Ramas	Pequeña	0	0	3
		Mediana a Grande	3		
	Número de Troncos	Único	0	3	3
		Bifurcado	2		
		Polifurcado	3		
	Verticalidad	Vertical	0	0	3
		Inclinado < 10 %	1		
		Muy inclinado > 10 %	3		
	Raíz	Equilibrada	0	3	3
		Irregular	1		
		Expuesta	2		
		Disminuida	3		
	DAP			75	44
	ALTURA			23	23
	Índice Estabilidad			0,31	0,52
	Estabilidad	Muy estable IE<0,6	0	0	0
		estable IE<0,8	1		
		Poco estable IE<1,0	2		
		Inestable IE>1,0	3		
ESTADO/DEFECTOS	Estado del Árbol	Verde	0	0	2
		Moribundo	2		
		Muerto	3		
	RAÍZ	Verde	0	3	3
		Enferma	3		
	TRONCO	Sin Signos	0	2	3
		1/3 Superior	1		
		1/3 Medio	2		
		1/3 Inferior y/o basal	3		
	RAMAS	Sin Signos	0	3	0
		Pud. Media	2		
		Pud. Basal/Inferior	3		
		Muerta Fina	1	1	3
		Muerta Gruesa	3		
		1/3 Inferior	x		
		1/3 Medio	x	x	
		1/3 Superior	x	x	x
PELIGRO	Descalce		x	x	x
	Desgaje		x		
	Rotura		x		
	Desrame		x		

EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL ÁRBOL				ANº 002	ANº 853
Ponderación 1:	0,1	Valor Criterio 1:		0,7	1,0
Ponderación 2:	0,3	Valor Criterio 2:		1,8	2,6
Ponderación 3:	0,6	Valor Criterio 3:		1,8	2,2
		ÍNDICE DE RIESGO (IR) :		1,7	2,2
		RIESGO [A: Alto - M: Medio - B: Bajo] :		M	A


Foto 3: *Árbol Nº 002 colapsado, por descalce. El árbol no soportó la presión del viento al quedar expuesto por la corta de otro árbol de riesgo del otro lado del camino.*


Foto 4: *Autopsia del ANº 002 colapsado por descalce. La raíz se encontraba disminuida por la construcción del camino y por la continua acumulación de agua lo que promovió la pudrición y consecuente debilidad.*


Foto 5: *Árbol Nº 853 colapsado por descalce. La fuerte inclinación que se fue produciendo por un descalce paulatino por la presión de la nieve y el crecimiento irregular de la copa y la raíz.*

El ejemplo de colapso del árbol Nº 002 demuestra que la valoración del riesgo no debe basarse exclusivamente en un valor numérico y que el aprendizaje sobre los incidentes fortalece la experiencia del técnico evaluador; el riesgo estará dada por estos dos elementos: la valoración numérica y apreciación subjetiva del técnico evaluador.

ANEXO 3: Planilla de Incidente

Ficha de Incidente	Nº: …………..

Fecha		Fotos (indicar nº y adjuntar):	
Lugar			
Técnico			

· Descripción del ejemplar

Especie	DAP [cm]	Altura [m]	Estrato	
			Libre	Dominante
			Intermedio	Oprimido

· Condiciones climáticas *(indicar qué condiciones climáticas existían en el momento o previo al incidente)*

· Descripción del sitio *(indicar presencia de caminos, tipo de uso, caracteristicas del sitio, etc)*

· Descripción del incidente *(indicar si el ejemplar se partió, se desgajó, se descalzó, etc., qué magnitud o dimensiones , qué afectó, etc.)*

· Causa *(Indicar qué ocasionó el colapso: inclinación, exposición viento/nieve, pudrición, herida o debilitamiento, etc.)*

· Croquis de ubicación y observaciones *(Se puede graficar la forma del ejemplar)*

ANEXO 4: Antecedentes de Incidentes

Es sumamente importante que los Parques Nacionales implementen un registro ordenado de eventos e incidentes, las estadísticas permitirán en el futuro realizar una mejor evaluación de las probabilidades de incidentes o la peligrosidad en las *AR*. Pero además, esta base de datos debe estar enriquecida por la realización de las autopsias de los eventos periódicos que ocurran.

Base de datos disponible en el Departamento de Incendios, Comunicaciones y Emergencias (*ICE*) en el Parque Nacional Nahuel Huapi

Fecha	Hora	Lugar	Observaciones
04/01/2003	11:48	Bajada Laguna Huala Hue	Coihue caído obstruyendo camino ingreso a Steffen
21/01/2003	11:07	Camino Los Rápidos	Corte de árboles obstruyendo la ruta
10/03/2004	17:29	Casa del Lago/ Ruta 258	árbol por caer en tendido eléctrico
02/04/2004	09:44	Camino de acceso a Tronador	caída de arbol sobre camino
02/04/2004	23:00	Ingreso Cascada Los Alerces	caída de arbol sobre camino
09/04/2004	14:08	Seccional Gutierrez	caída de arbol sobre picada
01/07/2004	14:02	Km 33, ruta 258	corte de ruta por caida de arboles y alud
07/11/2004	18:13	2 km antes cruce ruta 7 Lagos	Caída de árbol
24/06/2006	12:25	Isla Victoria	a una persona de 23 años que cortaba un árbol se le cae una rama en la cabeza
02/01/2007	22:34	Rebeca, Ñirihuau	persona caída de un árbol, con traumatismo dorsal lumbar
13/04/2007	16:00	Km 7 Avenida Bustillo	Se produce la caida de un arbol sobre el techo de una casa
21/06/2007	00:30	Bº Frutillar,	Extracción de un árbol, que cayo arriba de techo de una vivienda, en Bº Frutillar.
09/01/2008	09:50	Puerto Arrayán, Traful	TX indio 19 que se dirijen a Puerto Arrayan por caida de arbol.
16/02/2008	18:10	Portezuelo, Traful	arbol caido sobre calzada. Com 1/4
19/10/2008	10:55	Seccional Gutierrez	Sale personal a seccional gutierrez por caida de arbol / se libera el camino R 28

ANEXO 5 de Guía para la evaluación de árboles de riesgo en áreas recreativas – Región Patagónica, 2016.

HONGOS QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DE ÁRBOLES NATIVOS DE PATAGONIA

Mario Rajchenberg[1,2], Alina Greslebin[2], Carolina Barroetaveña[1,2], Hernán Mattes Fernández[3]

1. CIEFAP – CONICET

2. Universidad Nacional Patagonia S.J. Bosco – CONICET

3. AUSMA, Universidad Nacional del Comahue

ÍNDICE

HONGOS QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DE ÁRBOLES NATIVOS DE PATAGONIA

Mario Rajchenberg[1,2], Alina Greslebin[2], Carolina Barroetaveña[1,2], Hernán Mattes Fernández[3]

1. CIEFAP – CONICET

2. Universidad Nacional Patagonia S.J. Bosco – CONICET

3. AUSMA, Universidad Nacional del Comahue

1. Introducción

Los árboles pueden debilitarse, morir y eventualmente caer por una gran cantidad de causas. Entre las ambientales se encuentran las tormentas, los vientos fuertes, los rayos y otros factores relacionados con el cambio climático (procesos de sequías recurrentes o prolongadas); entre las biológicas se destacan el ataque de insectos y los hongos pudridores del leño. Generalmente es una combinación de factores la que determina el debilitamiento y la caída final de un árbol o de sus ramas; inclusive este debilitamiento puede ser un proceso lento hasta que finalmente se produce el colapso total o parcial. Entre los principales agentes causales de inestabilidad estructural de las especies arbóreas están los hongos degradadores o pudridores. Éstos se encuentran ampliamente distribuidos en bosques, selvas, y plantaciones urbanas y comerciales de todo el mundo y son la causa de grandes pérdidas económicas en la actividad foresto-maderera, como así también causas de incidentes contra bienes y personas. Esta situación se repite en Patagonia, con la presencia de hongos capaces de degradar el duramen y la albura del leño. Como ejemplo típico se puede citar el caso de lenga, que suele presentar pérdidas en el volumen maderable del árbol por la incidencia de las pudriciones de hasta el 75-80% (Fotos 1 y 2). Por otro lado, también son la causa de frecuentes colapsos que producen daños y pérdidas de bienes e incluso de vidas humanas, los que han obligado a la implementación de un programa de evaluación del riesgo de caída para su prevención.

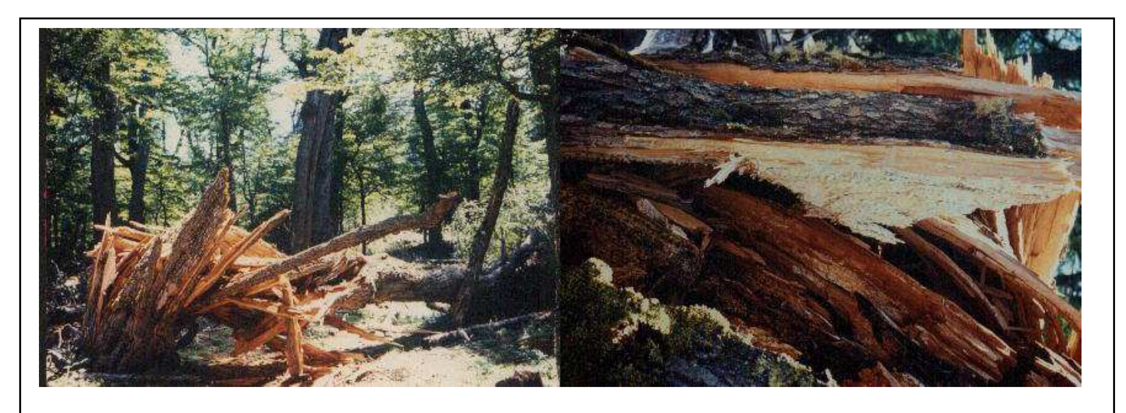
La gran mayoría de los hongos pudridores son basidiomicetes que forman fructificaciones más o menos grandes y bien visibles durante el otoño. Pertenecen a los Basidiomycota (Agaricomycotina, Agaricomycetes) y se distinguen mayormente por tener fructificaciones que se asemejan a un estante y de ellos se pueden diferenciar los formadores de poros (políporos) y los de superficie inferior lisa (corticiáceas). Los hongos de sombrero formadores de laminillas (agaricales), también están incluidos en la clase Agaricomycetes, pero sólo unas pocas especies poseen la capacidad de degradar la madera.

2. Tipos de pudriciones

La importancia de este grupo ecológico es su capacidad de degradar activamente los tejidos lignocelulósicos, lo cual ocasiona el debilitamiento estructural de los árboles y su caída posterior por efecto del viento.

Las pudriciones las clasificamos en marrones o castañas y blancas según el componente químico de las paredes celulares que se degradan con mayor intensidad (Fotos 1 y 2):

> ***Marrón o Castaña***: se produce cuando se degradan principalmente la celulosa y la hemicelulosa. Este tipo de pudrición es el resultado de un proceso de degradación no enzimática por el cual se despolimerizan y descomponen esos componentes de la pared, dejando la lignina prácticamente intacta, de color marrón.
>
> ***Blanca***: se produce cuando se degradan por un proceso enzimático la celulosa, la hemicelulosa y la lignina en forma simultánea por el mismo organismo. La lignina al ser degradada pierde su coloración habitual, quedando expuesta la celulosa, de color blanco.



Fotos 1 y 2: *Efecto de las pudriciones en los árboles. Izquierda: lenga caída por inestabilidad causada por pudriciones en el duramen* (Cwielong)*; Derecha: Detalle de pudriciones blanca y castaña en el duramen de un mismo árbol.* (Cwielong)

2.1. Tejidos y Órganos afectados

Los tejidos afectados son el duramen y la albura. Cuando el árbol está vivo rara vez son atacados ambos al mismo tiempo. Es más frecuente la degradación del duramen, que constituye un tejido muerto. La degradación de la albura ocurre cuando hay un proceso de decaimiento causado por otras razones, como en el caso del *mal del ciprés*. En general, los hongos degradadores evitan actuar sobre tejidos vivos y con buen estado fisiológico.

Según la parte del árbol donde se inicia el desarrollo de la pudrición ésta puede ser clasificada como:

(a) del sistema radical,

(b) de la base del fuste,

(c) del fuste medio/alto,

(d) de la copa o

(e) de las ramas.

2.2. Los hongos pudridores

La colonización de un árbol en pie representa un desafío para los hongos pudridores que los obliga a utilizar distintas estrategias. Dado que en el árbol en pie existen distintos microambientes, cuyas condiciones pueden ser muy distintas en lo que se refiere a los requerimientos de los hongos, las estrategias dependen del sector del árbol que el hongo puede colonizar.

Una de las formas en que pueden agruparse los hongos que producen pudriciones en el árbol en pie es:

- Hongos que producen pudriciones del duramen (xilema inactivo) del árbol.
- Hongos que producen pudriciones en la albura (xilema activo) del árbol.
- Hongos que producen pudriciones en las ramas delgadas de la copa del árbol.

Los hongos que causan las pudriciones en su mayoría son incapaces de colonizar la albura del árbol (xilema activo) porque la presencia de células vivas le permite al árbol desplegar su sistema de defensa; por otra parte, el alto contenido de agua y el bajo contenido de aire de la albura resultan desfavorables para el desarrollo de los hongos. Por el contrario, el duramen presenta condiciones de aireación más apropiadas y los hongos sólo tienen que lidiar con las defensas estructurales del árbol como la presencia de lignina, taninos y otros compuestos fenólicos. En esta situación el desafío para el hongo es atravesar la albura para lograr alcanzar el duramen.

Por el contrario, los hongos que colonizan el xilema activo necesitan desplegar algún mecanismo patogénico que le permita colonizarlo, o bien tener un comportamiento de tipo oportunista aprovechando situaciones de heridas, debilitamiento de la corteza y la albura u otras condiciones favorecidas por el estrés del árbol.

2.2.1. Hongos de pudrición del duramen (pudrición central)

Este es el tipo de pudrición más frecuente en los *Nothofagus*, especialmente en lenga, coihue, raulí y roble pllín. Representa la principal causa de pérdidas económicas y de riesgo de caída de árboles en esos bosques.

La estrategia de colonización y establecimiento de este tipo de pudriciones implica lograr alcanzar el duramen evitando atravesar la albura.

A grandes rasgos se pueden diferenciar dos grandes grupos:

a) Los hongos que causan pudriciones en la zona media a superior del fuste o tronco y en la copa.
b) Los hongos que causan pudrición en la base del tronco y las raíces.

En el primer grupo, una de las principales estrategias es colonizar el árbol por vías que le permitan alcanzar el duramen evitando la albura, como los son las heridas del tronco y ramas que dejan expuesto el duramen (Fig. 3). Los sitios de acumulación de agua como las inserciones, y las ramas quebradas en la copa representan buenas oportunidades de penetración. En los bosques de *Nothofagus*, la constante caída de ramas y de árboles, produce en los individuos circundantes heridas que constituyen potenciales vías de entrada para estas pudriciones. Esta forma de colonización es muy común en la especie *Postia pelliculosa*, agente causal de la **pudrición castaña** de mayor incidencia en los bosques de *Nothofagus*.

Otra estrategia es colonizar las ramas delgadas (menores a 1 cm de diámetro) que se forman en el fuste de los árboles jóvenes y que mueren en las primeras etapas de desarrollo debido a la falta de luz (Fig. 3). Estas ramitas se forman y mueren cuando el duramen aún no se ha desarrollado y son incorporadas dentro de la madera del tronco a medida que el árbol incrementa su diámetro Algunos hongos son capaces de colonizarlas y permanecer en ellas en estado latente, mientras “son ingresados” hacia el interior del árbol por el crecimiento diametral de éste. En el momento que se desarrolla duramen a su alrededor, el hongo sale de su latencia, coloniza el duramen y desarrolla la pudrición. Esta estrategia es típica de *Phellinus andinopatagonicus*, el principal agente causal de la **pudrición blanca** en *Nothofagus*. La misma puede ser **fibrosa** o **alveolar** según la parte del árbol donde se desarrolla y/o las condiciones ambientales.

Otros organismos son capaces de colonizar la albura de ramas muertas de la copa, que carecen de duramen y de allí extenderse hacia el duramen del árbol. Esta es posiblemente la estrategia de *Stereum* spp.

También existen organismos capaces de colonizar la albura de ramas vivas con duramen y de allí extenderse hacia el duramen de la rama y del tronco en general. En este caso participa un mecanismo patogénico que le permite al hongo colonizar la albura intacta.

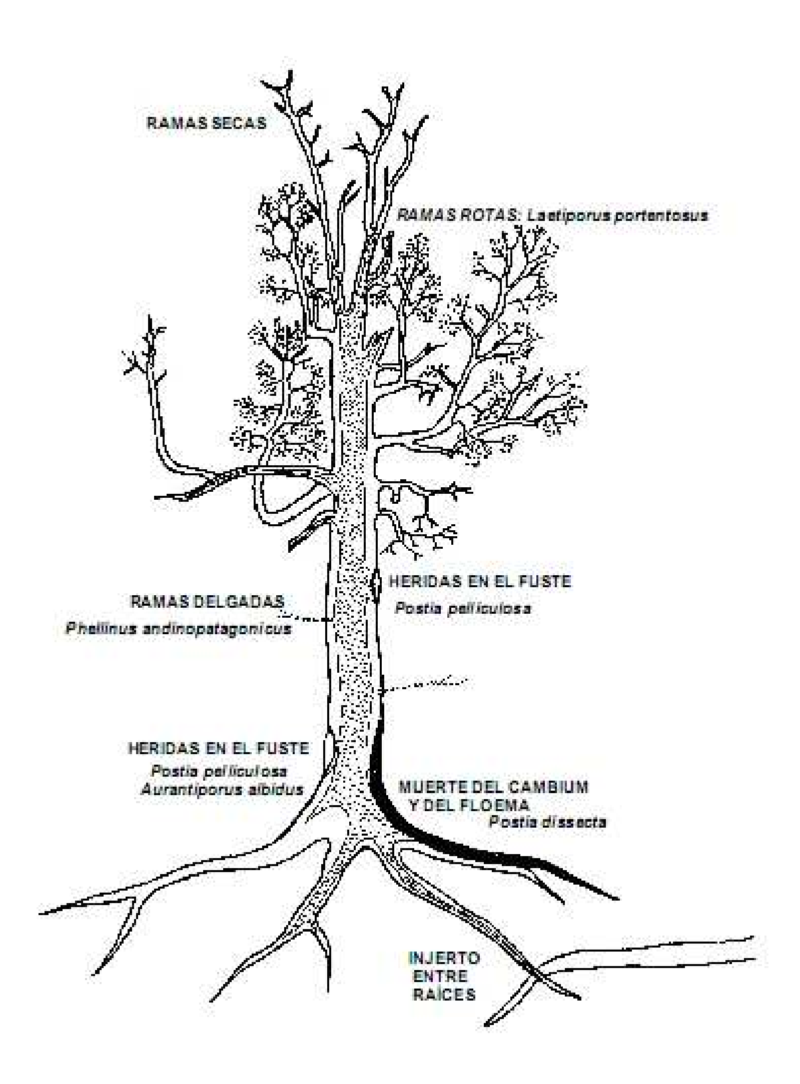


Figura 3: *Vías de infección de los hongos pudridores en un árbol.*

La base del tronco es la parte más antigua en cualquier árbol y las vías de entrada de los hongos pudridores se localizan en heridas ubicadas en dicha zona. Las heridas por incendio en la zona basal del fuste también son vías de entrada para los organismos que degradan el duramen ya que, al producir la muerte de la corteza y la albura, le permiten al hongo colonizar los tejidos y acceder al duramen (Foto 4). Esto sucede también en las heridas causadas por daño mecánico que ocurren en ocasiones en los aprovechamientos forestales y también por caída de árboles vecinos. También hay especies capaces de colonizar las raíces vivas, posiblemente aquellas debilitadas, y a través de ellas extenderse hacia la zona basal del fuste.

Las raíces muertas son otra vía de entrada para estos organismos y también lo pueden ser las raíces que se injertan con raíces de árboles vecinos, ya que por esos injertos puede pasar una pudrición desde el duramen de un árbol hacia el de otro.

2.2.2. Hongos de pudrición de la albura (xilema activo)

Como se mencionó anteriormente, los hongos que degradan la albura del árbol vivo se dividen en dos grupos: aquellos que son capaces de desplegar mecanismos patogénicos activos y aquellos que presentan un comportamiento oportunista.

Para que los hongos degradadores puedan colonizar y degradar la albura, la situación básica que debe darse es la disminución del contenido de agua con la consecuente generación de una fase gaseosa y la eliminación de la respuesta defensiva del árbol.

Los hongos con comportamiento patógeno activo producen por sí mismos esa situación mientras que los oportunistas aprovechan la situación generada por otros factores.

Los mecanismos de patogénesis son variados; algunos implican una acción externa con liberación de enzimas que afectan la vitalidad de los tejidos, que entonces pueden ser colonizados y otros implican la colonización directa de los tejidos vivos y su posterior destrucción. La acción patogénica se centra en producir la muerte de los tejidos vivos y producir desecación.

Los organismos con comportamiento oportunista, por el contrario, colonizan la albura cuando por diferentes motivos, se altera la condición natural de la misma. Estas alteraciones pueden ser: heridas, muerte del cambium por distintos razones, enfermedades, ataques de insectos, déficit hídrico, etc.

Foto 4: *la pudrición basal es típica en roble pellín, ya sea por condiciones patogénicas favorecida por el sitio o por heridas producidas por el fuego.* (Chauchard)

2.2.3. Los hongos que más nos preocupan

Existe especificidad a nivel de especie o de género de hospedante respecto a sus hongos degradadores, y también relacionado con las condiciones ecológicas de los rodales.

A continuación presentamos una lista de las especies más frecuentes, por hospedante (Tabla 1):

Tabla 1. *Presencia y abundancia relativa de hongos pudridores en Nothofagus y Austrocedrus (Ciprés), en pie en Patagonia. (+): Grado de abundancia.*

HONGOS PUDRIDORES	LENGA	COIHUE	ROBLE/RAULÍ	CIPRÉS	TIPO DE PUDRICIÓN
Postia pelliculosa	+++	+++	+++	–	Castaña
Phellinus andinopatagonicus	+++	+++	+++	–	Blanca
Aurantiporus albidus	+	+	–	–	Blanca
Laetiporus portentosus	++	+	–	–	Castaña
Fistulina antarctica	+	+	–	–	Castaña
Fistulina endoxantha	–	–	+	–	Castaña
Ganoderma australe	–	+	–	–	Blanca
Ryvardenia cretacea	+	+	+	–	Castaña
Ryvardenia campyla	+	+	+	–	Castaña
Bondarzewia guaitecasensis	–	+	+	–	Blanca
Grifola gargal	–	–	+	–	Blanca
Fomitopsis minutispora	–	–	++	–	Castaña
Postia dissecta	–	–	–	++	Castaña (en albura)
Coniophora arida	–	–	–	++	Castaña (en albura)
Fomitiporella sp.	–	–	–	++	Blanca

2.3. Diagnóstico. Medidas de prevención

Algo importante para resaltar es que, en la mayoría de los casos los árboles afectados por las pudriciones no suelen presentar síntomas externos claros y las fructificaciones de los hongos se evidencian en forma esporádica y tardía, por lo que se hace difícil su diagnóstico. Aspectos a considerar de mucha utilidad para el diagnóstico son la ubicuidad de los hongos lignívoros, su invasión a través de heridas y la certeza de que producen sus mayores daños a partir del inicio de la edad madura de los árboles. Los árboles afectados por pudriciones castañas en el tronco normalmente exhiben la copa intacta. Antes de la aparición de los cuerpos fructíferos, los únicos indicios de la presencia segura de la enfermedad son las heridas con duramen expuesto y los orificios profundos cavados por aves. Los hongos xilófagos frecuentemente generan sus carpóforos a través de las partes aéreas del árbol que ofrecen menor resistencia, como ser las heridas y las cicatrices de ramas, y los tocones. En los bosques andino-patagónicos es común observar en otoño árboles con heridas basales profundas causadas por el fuego (Foto 4) y las fructificaciones de hongos sobre las mismas. La presencia de los carpóforos constituye un indicador sencillo de la

existencia de pudrición interna y en algunos casos, dan una idea del porcentaje de pudrición asociada cuando se visualizan carpóforos en distintos lugares del fuste. En algunas situaciones la simple aparición de la fructificación de una determinada especie xilófaga es suficiente para recomendar la extracción del árbol o la parte afectada de él, por su potencial peligrosidad. Existen diversas formas de evaluar la severidad de las pudriciones, desde el sencillo pero muy impreciso método de golpear los troncos, hasta los más avanzados basados en mediciones de resistencia eléctrica. El más recomendable, por su practicidad y sencillez, es el uso del barreno. Las estimaciones de porcentaje de madera podrida en árboles apeados o caídos, sumadas a los datos de la posición sociológica y/o la edad de los mismos dan una orientación sobre el comportamiento de una especie frente a las pudriciones causadas por su micobiota asociada. Una actividad sumamente importante es asociar estos grados de pudrición con aspectos observables del árbol, como la vitalidad y diversos síntomas que el técnico pueda luego utilizar para una efectiva clasificación. Por lo tanto, antes de diagramar las estrategias de prevención de accidentes relacionados con el efecto destructivo de estos hongos, es conveniente acopiar la mayor cantidad posible de antecedentes. Para los bosques andino-patagónicos de Argentina si bien existe abundante información sobre la micobiota de hongos lignívoros, aún es escasa la información sobre la incidencia, la severidad, las vías de entrada y la velocidad de avance de las pudriciones asociadas y de estudios que la vinculen con apariencias o síntomas visibles del árbol.

3. Hongos pudridores de la madera más frecuentes en bosques de la Patagonia

3.1. *Hongos pudridores de Nothofagus*

Phellinus andinopatagonicus

Es el principal causante de pudrición blanca en fuste y raíces de *Nothofagus spp*., produciendo una pudrición blanca fibrosa en el fuste y raíces o blanca alveolar en las raíces. Forma fructificaciones perennes, con varios estratos de tubos.



Foto 5*: Phellinus andinopatagonicus, detalle de la fructificación*. (Rajchenberg)





Fotos 6 y 7: *Phellinus andinopatagonicus, detalles de la pudrición blanca fibrosa en duramen, en corte longitudinal* (Izq. Jovanovski) *y transversal de un fuste de Lenga* (Der. Cwielong).

Aurantiporus albidus

Es segundo en importancia entre los causantes de pudrición blanca en lenga, produciendo una pudrición blanca alveolar muy característica por estar rodeada de tejido oscurecido (Fotos 9 y 10).



Foto 8: *Aurantioporus albidus, detalle del cuerpo fructífero.* (Rajchenberg)





Fotos 9 y 10: *Aurantioporus albidus, detalles de la pudrición blanca alveolar en duramen, en corte transversal y longitudinal de un fuste de lenga.* (Cwielong)

Laetiporus portentosus

Es causante de pudrición castaña, especialmente en lengales de ambientes secos.



Foto 11*: Laetiporus portentosus, detalle del cuerpo fructífero.* (Rajchenberg)

Postia pelliculosa

Es el principal responsable de las pudriciones en el leño de muchos *Nothofagus*, causando una pudrición castaña cúbica que suele presentar un tejido blanco de aspecto de fieltro entre los cubos, y que indica su presencia en la madera.



Foto 12 y 13*: Postia pelliculosa, detalle de cuerpos fructíferos.* (Rajchenberg)



Foto 14 y 15*: Postia pelliculosa, detalle de la pudrición castaña cúbica en duramen en corte transversal de fuste de lenga.*



Foto 16: *Postia pelliculosa, detalle de micelio blanco que se encuentra típicamente asociado a las pudriciones de esta especie.* (Rajchenberg)

Fistulina antarctica

Provoca una pudrición castaña que se caracteriza por no alcanzar una degradación intensa sino que oscurece el duramen de las maderas atacadas (Fotos 20 y 21), de tal manera que el leño puede ser utilizado tecnológicamente. Se presenta en coihue, lenga y ñire.



Foto 17, 18 y 19: *Fistulina antárctica, detalles del cuerpo fructífero. Vistas superior, transversal e inferior.* (Rajchenberg)



Foto 20 y 21: *Fistulina antarctica, detalle de la pudrición castaña dura en duramen típica de esta especie, en corte transversal y en tablas de lenga*. (Cordone)

Fistulina endoxantha

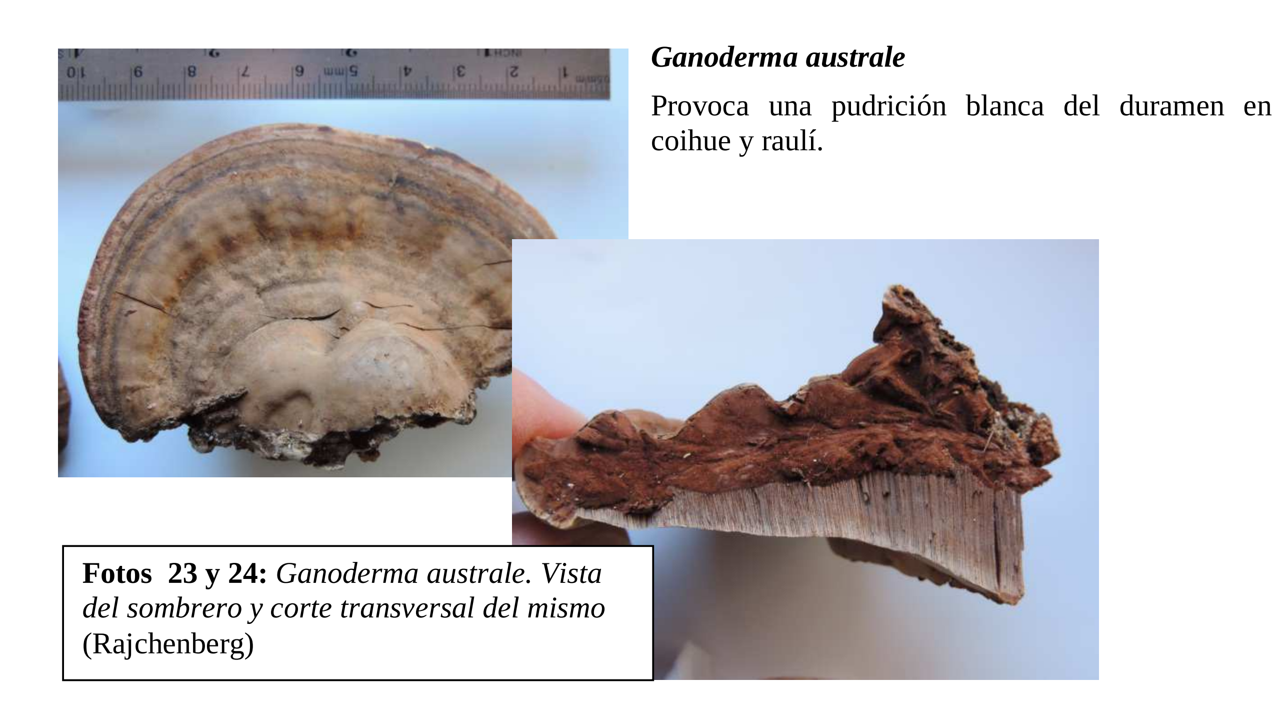
Provoca una pudrición similar a *Fistulina antarctica*, pero ataca a roble pellín y raulí.



Foto 22: *Fistulina endoxhanta, detalle del cuerpo fructífero.* (Rajchenberg)

Ganoderma australe

Provoca una pudrición blanca del duramen en coihue y raulí.



Fotos 23 y 24: *Ganoderma australe. Vista del sombrero y corte transversal del mismo* (Rajchenberg)

Ryvardenia campyla **y** ***Ryvardenia cretacea***

Son degradadores que aparecen menos frecuentemente y causan pudrición castaña.



Fotos 25 y 26: *Detalle de los cuerpos fructíferos de Ryvardenia campyla (*Izq. Rajchenberg*) y de Ryvardenia cretacea*

Bondarzewia guaitecasensis

Ataca raíces de *Nothofagus* produciendo pudriciones blancas. Fructifica formando cuerpos grandes y notorios apoyados sobre la base del fuste (Foto 27) o bien sobre el suelo.



Foto 27: *Bondarzewia guaitecasensis. Detalle del cuerpo fructífero.* (Cwielong)



Fomitopsis minutispora

Causa pudrición castaña en roble pellín y raulí, formando fructificaciones perennes. Posiblemente se trata de un patógeno de importancia para estas especies, pero ello aún debe ser estudiado.

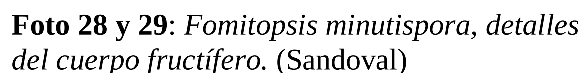


Foto 28 y 29: *Fomitopsis minutispora, detalles del cuerpo fructífero.* (Sandoval)

Grifola gargal

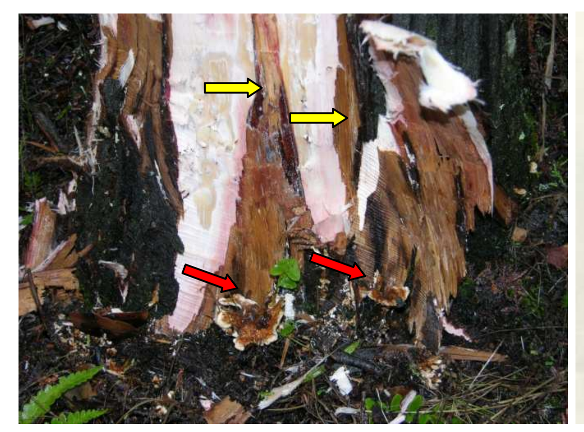
Provoca pudrición blanca alveolar en el duramen de roble pellín y raulí, pudrición caracterizada por emitir un fuerte olor a almendras.



Foto 30: *Grifola gargal. Detalle del cuerpo fructífero.* (Toledo)

*3.2. **Hongos pudridores de Ciprés de la cordillera***

Los hongos que pudren al ciprés lo hacen en la albura o en el duramen, pero siempre son especies diferentes. La albura se pudre por acción de *Postia dissecta* (un políporo) y *Coniophora arida* (un hongo corticioide, que presenta la superficie fértil lisa). Colonizan la albura cuando el cambium y el floema son atacados por *Phytophthora austrocedrae*, el patógeno primario causante del *mal del ciprés*. El ataque de los degradadores de la albura es oportunista y sigue al ataque de *Phytophthora*.





Fotos 31 y 32: *<u>Izquierda</u>: Phytophthora austrocedrae y Postia dissecta. Muerte del cambium y del floema por Phytophthora austrocedrae (flechas amarillas), seguida de la colonización y pudrición de la albura por Postia (flecha roja)* (Greslebin). *<u>Derecha</u>: Postia dissecta y Coniophora arida. Detalle de la pudrición castaña cúbica en albura ocasionada por ambas especies, en corte transversal de fuste de ciprés de la cordillera* (Cwielong). *Los números indican el número de anillos en diferentes radios a los que se detuvo el crecimiento por la muerte del cambium por acción del hongo.*



Foto 33: *Postia dissecta, detalle del cuerpo fructífero.* (Rajchenberg)

Postia dissecta

Forma fructificaciones en estante, muy características por ser delgadas y tener una coloración que varía desde presentar bandas marrones a ser totalmente blanca.

Coniophora arida

Forma fructificaciones que semejan manchas de pintura lisas sobre el sustrato, en este caso de color marrón claro.



Foto 34: *Coniophora arida, detalle del cuerpo fructífero (flechas) en ciprés caído afectado por el 'mal del ciprés'.* (Cwielong)

***Fomitiporella* sp.**

Esta pudrición blanca que se desarrolla en el duramen del ciprés de la cordillera y no está relacionada con el *mal del ciprés*. El agente etiológico no ha sido encontrado fructificando en la naturaleza por lo cual no ha podido ser nombrado aún. Con técnicas moleculares se ha establecido su pertenencia al género *Fomitiporella*.

Foto 35: *Pudrición en duramen en ciprés de la cordillera en corte transversal de fuste de ciprés de la cordillera. El patógeno aún no ha sido descubierto fructificando en la naturaleza, pero los aislamientos obtenidos, su caracterización in vitro y con técnicas moleculares lo ubican en el género Fomitiporella (Hymenochaetaceae, Basidiomycota).* (Rajchenberg)

Glosario

Acción patogénica: se refiere a todos aquellos daños que de manera directa o indirecta ocasiona un patógeno sobre el hospedante.

Albura: capas de tejido vivo más externas, localizada entre el duramen y la corteza, de la madera secundaria del árbol y cuya función es transportar agua, minerales y sustancias orgánicas. Generalmente se la reconoce por presentar un color más claro al del duramen.

Cambium: Capas de tejido meristemático existente entre el floema y el xilema de las plantas y que origina el crecimiento secundario en espesor del tallo.

Carpóforo: Fructificación de origen fúngico.

Duramen: Parte central no viva de madera dura de los árboles, constituida por xilema inactivo bloqueado por impregnación de resinas, taninos, aceites y otras sustancias.

Floema: Tejido de conducción de las plantas que permite traslocar o conducir el agua, los azúcares elaborados durante la fotosíntesis y otras sustancias orgánicas, desde los órganos fotosintéticos hasta todas las partes de la planta. Está constituido por tubos cribosos, células parenquimáticas y células anexas.

Incidencia: Cantidad de individuos afectados por una enfermedad por unidad de superficie.

Leño: xilema.

Mecanismo patogénico: mecanismos por los cuales un agente patógeno causa una enfermedad.

Micobiota: conjunto de hongos de una determinada región o hábitat.

Patógeno: agente biótico o abiótico que causa enfermedad.

Pudrición blanca fibrosa: pudrición de aspecto blancuzco de la madera caracterizada por el aspecto fibroso de la misma, la cual se desgrana en fibras. Suele presentarse como una alternancia de porciones que mantienen la forma original de la madera y una cierta estructura, con otros donde están invadidos por el hongo.

Pudrición blanca alveolar: en este caso, los componentes de la pared celular del xilema se degradan en zonas determinadas del duramen. La pudrición se concentra en pequeños bolsones, generalmente de forma elíptica, por lo cual la madera toma un aspecto perforado.

Pudrición castaña/marrón cúbica: caracterizada por la consistencia friable, su color es más oscuro que el normal y la madera sufre roturas en forma perpendicular en forma de pequeños cubos de tamaños variables.

Severidad: grado de afección de un individuo enfermo expresado en porcentaje.

Translocación: (Bótanica) movimiento del agua, las sales minerales y las sustancias orgánicas de una parte a otra de un vegetal.

Xilema: conjunto de vasos conductores de las plantas, que transportan agua, minerales y algunas fitohormonas, desde la zona pilífera de la raíz hasta la parte aérea. Está constituido por vasos o traqueidas, parénquima y fibras leñosas.

Bibliografía

Barroetaveña C., Rajchenberg M. 1996. Hongos Aphyllophorales que degradan *Austrocedrus chilensis* en pie. Bol. Soc. Argent. Bot. 31: 201-216. Sociedad Argentina de Botánica ISSN 0373-580X.

Boddy L. 2001. Fungal community ecology and wood decomposition prcesses in angiosperms: from standing tree to complete decay of coarse woody debris. Ecological Bulletins 49: 43-56.

Cwielong P.P., Rajchenberg M. 1995. Wood rotting Fungi on *Nothofagus pumilio* in Patagonia, Argentina. European Journal of Forest Pathology 25: 47-60. Blackwell Verlag ISSN 0300-1237.

Greslebin A.G. 2002. Fungi, Basidiomycota. Aphyllophorales: Coniophoraceae, Corticiaceae, Gomphaceae, Hymenochaetaceae, Lachnocladiaceae, Stereaceae, Thelephoraceae. Tulasnellales: Tulasnellaceae. Flora criptogámica de Tierra del Fuego. Tomo XI, fasc. 4, pp 212.

Richter L.L., Frangi L. 1992. 1992. Bases ecológicas para el manejo del bosque de *Nothofagus pumilio* de Tierra del Fuego. Rev. Facul. Agronom., La Plata 68, 35-52.

Rajchenberg M. 2006. Los Políporos (Basidiomycetes) de los Bosques Andino Patagónicos de Argentina. *Polypores (Basidiomycetes) from the Patagonian Andes Forests of Argentina*. Versión bilingüe. Bibliotheca Mycologica Band 201, J. Cramer Verlag, Stuttgart. ISBN 978-3-443-59103-8. ISSN 0067-8066. 300 pp.



Guía



www.parquesnacionales.gov.ar